

BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI LAPOK

Kohászat

Vaskohászat

Öntészet

Fémkohászat

Jövőnk anyagai, technológiái

Egyesületi hírmondó

142. évfolyam

2009/5. szám



Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület lapja.

Alapította Péch Antal 1868-ban.

Vaskohászat

- 4 Mucsi András**
Átalakulási folyamatok modellezése új módszerrel
- 5 Móger Róbert – Cseh Ferenc – Kvárik Sándor**
Környezetvédelmi beruházások az ISD Dunaferr Zrt. Nagyolvasztóműnél
- 4, 10 EASAC-memorandum**

Öntészet

- 11 Bacskai Antal**
Szénőrlő malmok verőlapjainak törés-vizsgálata
- 16 Juhász Borbála – Dül Jenő – Szabó Richárd**
Nyomásos öntőszerszám hűtéstechnikai viszonyainak vizsgálata
- 22 Fennállásának 60. évfordulóját ünnepelte az AKG Alföldi Kohászati Gépipari Zrt.**

Fémkohászat

- 23 Tóth Pál – Török Tamás**
Anódos titán-dioxid vékonyrétegek: vizsgálat, modellezés, fejlesztés
- 30 Ligeti Gábor**
Oerlikon Balzers PVD-bevonatok Magyarországon

Jövőnk anyagai, technológiái

- 37 Balázs Tibor – Dobránszky János**
Az implantátumok fémes bioanyagai

Egyesületi hírmondó

- 44 Egyesületi hírek**
- 46 Egyetemi hírek**
- 48 Szoboravatás a Miskolci Egyetemen**
- 51 Könyvismertetés**
- 51 Köszöntések**

Öntészet rovatunkat az 1950-ben indított és 1991-ben megszűnt önálló szaklap, a BKL Öntőde utódjának tekintjük.

Mucsi, A.: Modelling transformation processes with a new method 1
Heat treatment leading to various structural changes of materials is an organic and usually indispensable part of metal industry manufacturing processes. The heat treatment performed with a given technology strongly affects the material characteristics of the product that usually belong to its most important properties. The optimisation of the manufacturing process requires also a vivid modelling of the heat treatment.

Móger, R. – Cseh, F. – Kvárik, S.: Environmental protection investments at the blast furnace plant of ISD DUNAFERR Zrt. 5
In the Dunaujváros blast furnace plant two nominally 1 000 m³ furnaces and two 50 m² agglomerating conveyers are operated. When starting the operation of the plant, they were provided with environmental protection equipment according to the level of the age, yet during the past decades several hundred thousand tons of carbon monoxide and dust entered the environment. Beginning with the '90s, a program targeting the decrease of emissions, improving the working conditions and profitability started. In our article we outline three of our investments succeeding in decreasing dust and gas emissions by approximately 10 kt/year.

Bacskai, A.: Examination of breaker plate fractures of coal grinding mills 11
In coal grinding mills of a coal dust fired thermal power plant, after the mounting followed by plant-proving run many breaker plates failed when the grinding was not even started. The power plant naturally required to investigate and establish the possible material quality, casting process, heat treatment, assembly or quality control causes of the damage.

Juhász, B. – Dül, J. – Szabó, R.: Analysis of the Thermal Conditions of Die-casting Tool 16
The heat equilibrium of a casting cycle can be ensured within short cycles by streaming liquid through the cooling channels of the die-casting tool insert. In such a way, the well-constructed and well-operated cooling system can enhance productivity. Incorrect cooling, however, can lead to heat unbalance in the die casting tool, thus causing the destruction of casting quality, the reduction of the lifetime of die-casting tools and irreversible reduction of productivity. Beside the theoretical examination of construction and function of cooling systems, the evaluation of the effectively removed heat quantities has great importance. (These heat-quantities are conducted by the built-in die casting tool cooling system.) The paper presents an analysis of the function of the cooling system of a cam plate casting of AlSi9Cu3 alloy, in case of different cooling parameters. Based on the

measured results of the entering and leaving temperatures and the flow rates of the coolants, the heat quantities belonging to the cooling circles are determined and an optimisation of the cooling system is proposed. The findings of the analysis can be utilized for the construction and optimal operation of die-casting cooling systems.

Tóth, P. – Török, T.: Anodic thin layers of titanium dioxide – examination, modelling and development 23
Anodic titanium dioxide layers have extraordinary large area of application. The anodising technique is used for applying sensory layers of resistive gas sensors, water cleaning, surface treatment of catalysts, passivation of surfaces of titanium implants, improvement of conditions of biocompatibility. In the course of our work, we summarized the most important data of the literature concerning properties of titanium-base substrates, mechanism and properties (electric, optical, mechanical) of thin layer formation of titanium dioxide. Taking in account the knowledge from the literature, we examined the properties of thin titanium dioxide layers in two series of measurements using acidic/basic electrolytes. The layer thickness (SE), morphology (SEM), crystal structure (XRD) and optical properties of the layer (SE) were determined. On the base of measurement results, the whole process was modelled. The model consists of a kinetic and an optical module. Our aim with modelling was to allow the commercial design and control of thin titanium dioxide layers.

Ligeti, G.: Oerlikon Balzers PVD coatings in Hungary 30
In the industry, due to the wear of tools and machine parts, billions of losses arise annually. The PVD (Physical Vapour Deposition) coating technology can promote the quick and considerable reduction of such losses in the vast majority of cases with correct engineering design. This article seeks to review the history, technology, equipment and application possibilities of the PVD coating process, from the point of view of Oerlikon Balzers Co.

Balázs, T. – Dobránszky, J.: Metallic biomaterials of implant 37
One of the important driving forces of the material science research and development is the pursuit of continuous renewing and enlarging of human therapeutic goals. Under its impact the biomaterials an important group of which includes metallic materials develop in spectacular way. This article demonstrates several important groups of metallic biomaterials of devices to be implanted into human body: stainless steels, cobalt- and titanium-base alloys and the connection between their material properties and specialities in use.

Szerkesztőség: 1027 Budapest, Fő utca 68., IV. em. 413. • **Telefon:** 201-7337 • **Telefax:** 201-2011 • **Levélcím:** 1371 Budapest, Pf. 433. vagy kohaszat@mtesz.hu • **Felelős szerkesztő:** dr. Verő Balázs • **A szerkesztőség tagjai:** dr. Buzáné dr. Dénes Margit, dr. Dobránszky János, dr. Fauszt Anna, Hajnal János, Harrach Walter, dr. Klug Ottó, Lengyelne Kiss Katalin, Szende György, dr. Takács István • **A szerkesztőbizottság elnöke:** dr. Sándor József. **A szerkesztőbizottság tagjai:** dr. Bakó Károly, dr. Csurbakova Tatjana, dr. Dül Jenő, dr. Hatala Pál, dr. Károly Gyula, dr. Kékesi Tamás, dr. Kóródi István, dr. Ládai Balázs, dr. Réger Mihály, dr. Roósz András, dr. Takács István, dr. Tardy Pál • **Kiadó:** Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület • **Felelős kiadó:** dr. Tolnay Lajos • **Nyomja:** Press+Print Kft. 2340 Kiskunlacháza, Gábor Áron u. 2/a • **HU ISSN 0005-5670** *Belső tájékoztatásra, kereskedelmi forgalomba nem kerül.* • A közölt cikkek fordítása, utánnyomása, sokszorosítása és adatrendszerekben való tárolása kizárólag a kiadó engedélyével történhet.

MUCSI ANDRÁS

Átalakulási folyamatok modellezése új módszerrel

A fémipari gyártástechnológiák szerves és rendszerint nélkülözhetetlen része a különböző anyagszerkezeti változásokat előidéző hőkezelés. Egy adott technológiával elvégzett hőkezelés nagymértékben befolyásolja a termék anyagjellemzőit, melyek rendszerint a gyártmány legfontosabb tulajdonságai közé tartoznak. A gyártási folyamat optimalizálása megköveteli a hőkezelések életszerű modellezését is.

1. Bevezetés

Termikusan aktivált fémtani folyamatoknak nevezzük azokat a szövetszerkezeti változásokat, melyek sebessége a hőmérséklet változásával változik. Ilyen szövetszerkezeti változások közé tartozik az újrakristályosodás, a martenzit megeresztése, a mikroszerkezet homogenitását célzó diffúziós izzítások és egyes kiválási folyamatok. Az átalakulási folyamatok vizsgálhatók állandó, illetve változó hőkezelési hőmérséklet mellett. Az átalakulási folyamatok állandó hőmérsékletű hőkezelések esetén leírhatók analitikus formában a közismert Avrami- (1) illetve Arrhenius-egyenletek (2) segítségével [3, 4, 6]:

$$x = 1 - e^{-k \cdot t^n} \quad (1)$$

$$k = A \cdot e^{-\frac{Q}{R \cdot T}}, \quad (2)$$

ahol x - az átalakult hányad értéke;
 k - a folyamat sebességi állandója;
 t - az idő (s);
 n - az Avrami-kitevő;
 A - az ún. frekvencia faktor;
 Q - a folyamat aktiválási energiája

$$\left(\frac{\text{J}}{\text{mol}}\right);$$

R - az univerzális gázállandó $\left(\frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}\right)$;
 T - a hőmérséklet (K).

Az izotermikus körülményekre vonatkozó egyenletek numerikus módszerekkel átszámolhatók változó hőmérsékletű hőkezelések leírásához [1].

Ahhoz, hogy egy folyamatot az előbb megismert egyenletek segítségével leírjunk, ismerni kell a képletekben szereplő ismeretlenek (n , Q , A) számszerű értékét. Az Avrami- ill. az Arrhenius-egyenlet analitikus formában izotermikus körülmények mellett érvényes, ezért a paraméterek meghatározását rendszerint valamilyen kvázi izotermikusnak vélt kísérletsorozat eredményeiből határozzák meg.

Ezen hőkezelések során a hőmérséklet állandóságát szinte lehetetlen biztosítani, azaz az ilyen mérések segítségével meghatározott Avrami- és Arrhenius-egyenletek meglehetősen nagy hibával írják le az átalakulási folyamatot. Felmerül tehát a kérdés, hogy vajon lehetséges-e valamilyen módszerrel figyelembe venni a hőmérséklet változásának hatását az egyenlet paramétereire.

2. Változó hőmérsékletű hőkezelések leírása izotermikus egyenletek segítségével

Az új módszer bemutatásához először meg kell ismernünk, hogyan lehet az izotermikus egyenleteket folyamatosan változó hőmérsékletű hőkezelések leírásához fel-

használni. A folyamatok modellezése változó hőmérsékletű hőkezelések esetén a 1. ábra szerinti módszerrel válik lehetővé [1]. A vízszintes tengelyen az időt, a függőleges tengelyen az átalakult hányadot ábrázoljuk.

Tegyük fel, hogy egy tetszőlegesen kis időintervallumon belül (Δt) a változó hőmérsékletet konstansnak tekintjük, ekkor a T_1 hőmérsékletre tartozó Avrami-görbén 0-tól t_1 ideig az (1) egyenlet segítségével kiszámíthatjuk az átalakult hányadot (x_1). Ezután a következő rövid intervallumon megint állandónak tekintjük az előzőhöz képest megváltozott hőmérsékletet (T_2), és kiszámítjuk, hogy ezen a hőmérsékleten mennyi (fiktív) időnek (t_2) kellett volna eltelnie ahhoz, hogy éppen x_1 legyen az átalakult hányad. A T_2 hőmérsékletre tartozó görbén megint Δt ideig haladva az $x_2 - x_1$ átalakult hányadot a következőképpen számíthatjuk:

$$x_{2-1} = e^{-k_2 \cdot t_2^n} - e^{-k_2 \cdot (t_2 + \Delta t)^n} \quad (3)$$

Ennek segítségével felírhatjuk a T_2 hőmérsékleten átalakult hányadot:

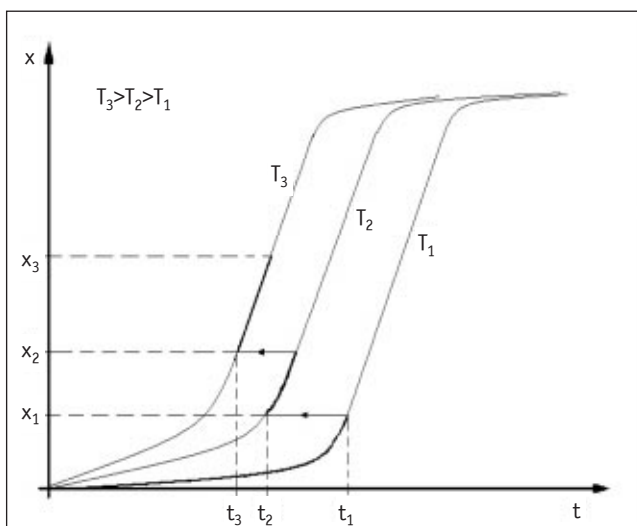
$$x_2 = x_1 + x_{2-1} \quad (4)$$

Az így kiszámolt x_2 átalakult hányad segítségével kiszámíthatjuk a T_3 hőmérsékletre tartozó k_3 sebességi állandót és t_3 időt. A ciklus az eddig leírtak szerint ismétlődik tovább. A következőkben ugyanezt a módszert alkalmazzuk visszafelé, tehát tetszőlegesen változó hőmérsékletű hőkezelésekből állapítjuk meg az izotermikus egyenletek paramétereit.

3. Az izotermikus egyenletek generálása tetszőlegesen változó hőmérsékletű mérésekből

A most bemutatásra kerülő számítási módszer segítségével tetszőlegesen változó hőmérsékletű hőkezelések eredményeiből

Mucsi András a Budapesti Műszaki Főiskola gépészmérnök szakos, CAD-CAM szakirányos hallgatója. A téma 2007 nyarán keltette fel érdeklődését, és azóta foglalkozik az átalakulási folyamatok modellezésével. Az itt leírt összefoglaló, mint TDK dolgozat, sikeresen szerepelt mind a 2008-as intézményen belüli, mind a 2009-es Országos Tudományos Diákköri Konferencián.



■ 1. ábra. Átalakulási folyamat modellezése változó hőmérséklet esetén

viszsa lehet számolni az izotermikus körülményekre vonatkozó egyenleteket. Ezzel kizárjuk a hőmérséklet változásából, ill. a hőmérséklet- és időmérésből származó hibát.

A módszer lényege a következő. Tetszőleges hőcikluson át hőkezelünk próbatestet, regisztráljuk a próbatestek hőmérsékletét az idő függvényében, majd a hőkezelés végén lemérjük a próbatestek átalakult hányad értékét. Az átalakult hányadot kiszámíthatjuk a próbatest keménységváltozásából, szövetszerkezeti és egyéb változásaiból. Felvesszünk (szintén tetszőlegesen) egy n , Q és A értéket. A felvett egyenlet-paraméterek és egy kiválasztott hőkezelés hőmérséklet-idő regisztrátuma alapján a fent leírt módszer segítségével kiszámolunk egy átalakult hányad értéket. Képezzük az adott hőkezelésű próbatest számolt és mért átalakult hányad értéke közti különbséget, majd numerikus módszerrel megkeressük ezek minimumát:

$$\min\{\sum [x_{\text{mért}} - x_{\text{számított}}(n, Q, a, b)]^2\} \quad (5)$$

Amelyik n , Q és A értéknél a legkisebb lesz a mért és a számított átalakult hányad közti különbség, azt az adott n , Q és A értéket tulajdonítjuk az izotermikus egyenletek paramétereinek. Itt kell megjegyeznünk, hogy a konvencionális Avrami-modellben az n kitevő értéke a csíráképződés geometriájától függ [5], ezért gyakran anyagminőségtől függetlenül egy egzakt értéket tulajdonítanak neki. A mi esetünkben a pontos folyamatleírás a cél, ezért az n kitevőt minden egyes anyagminőség esetén változónak tekintjük. A módszer részle-

tesebb bemutatására az újrakristályosító hőkezelés modellezésén keresztül a következőkben kerül sor.

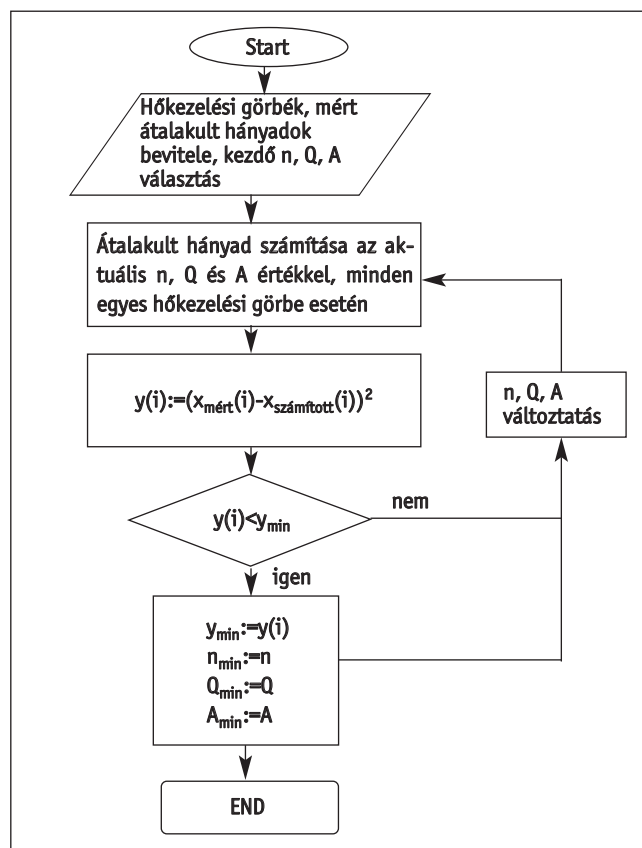
4. A módszer alkalmazása újrakristályosítási kísérletso-rozatra

A módszer alkalmazhatóságának bizonyítására újrakristályosító hőkezeléseket végeztem. A kísérletekhez kisméretű, szalag előgyártmányból kimunkált próbatesteket tetszőlegesen változó hőmérsékleten hőkezelttem. A hőkezelések végén az átalakult hányad értékét (x) keménységméréssel állapítottam meg, és a következő közelítő képlettel számítottam [2, 3, 6]:

$$x = \frac{HV_{\max} - HV_t}{HV_{\max} - HV_{\min}} \quad (6)$$

ahol HV_{\max} – a hidegalakítás utáni mért keménység;
 HV_{\min} – a lágyított állapotban mért keménység;
 HV_t – a hőkezelési ciklus végén mért keménység.

Ha a keménység a hőkezelés végén lecsökkent az anyag minimális keménységének értékére, akkor nem tudhatjuk, hogy a hőkezelés melyik pillanatában lágyult ki a próbatest, így ezzel az adattal nem számolhatunk. A határt 95% átalakult hányad értékre tettem, azaz amelyik hőkezelés végén ennél nagyobb átalakult hányadot



■ 2. ábra. Folyamatábra optimumkereséshez

számítottam a keménység értékéből, azzal a hőkezelési adathalmazzal nem számoltam tovább.

A hőmérsékletmérést termoelemes hőmérővel, a hőmérséklet-idő függvények ($T-t$) számítógépbe vitelét DATAQ szoftverrel és A/D átalakító segítségével valósítottam meg. A termoelemek végét közvetlenül a próbatestekhez csatlakoztam, így mindig az aktuális hőmérsékletet regisztráltam, ill. minimálisra csökkentettem a próbatestek és a termoelem hőkapacitásából származó hőmérséklet eltéréseket.

A próbatestek alakítotttsági mértéke csoportonként változó volt. Számszerű

értékei, mint relatív megnyúlás ($\epsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$),

a következők voltak: $\epsilon_1=0,17$, $\epsilon_2=0,25$, $\epsilon_3=0,3$ és $\epsilon_4=0,4$. Minden alakítási mértékhez 8-13 próbatest tartozott. Az újrakristályosító hőkezeléseket öt anyagminőség (technikai tisztaságú Al, Cu, Fe, Ni, Ti) alkalmazásával végeztem. A fent leírtak szerint minden hőkezelés végén lemértem a próbatestek keménységét, a keménység értékeiből a már említett módszerrel kiszámítottam az újrakristályosított hányad értékét. A kísérletek adatait QBasic

nyelven írt programmal dolgoztam fel. Az hibaminimum keresése a 2. ábra szerint történt a következőkben leírtak alapján.

A hőkezelési görbék idő-hőmérséklet adatpárjait és a mért átalakult hányad értékeket DAT fájlokban tároltam. A hibaminimum kereséshez fel kell vennünk egy kiinduló n , Q és A értéket. Az eddigi eredmények, ill. szakirodalmak [2, 4, 5] alapján a következő intervallumokban kerestem a mért és számított átalakult hányad értékek közti különbség minimumát: $n=1...4$, $Q=(10\ 000...200\ 000)\text{ Jmol}^{-1}$, $A=0.01...3$. A megadott intervallumokat csak akkor lehet alkalmazni, ha az adott próbatestek alakítási mértéke azonos.

A különböző alakítási mértékű, de ugyanazon anyagminőségű próbatestek adatait futtatva észrevehetjük, hogy azonos n és Q értéknél, de különböző A paraméter mellett ad minimumot az (5) függvény. Ebből arra következtethetünk, hogy az alakítás mértékének hatása az A , ún. frekvenciafaktorban jelenik meg. Az alakítási mérték nagymértékben befolyásolja a folyamat sebességét, így hamis eredményhez vezet, ha különböző alakítottságú próbatestek átalakulását próbáljuk meg leírni ugyanazon paraméterek alkalmazásával.

Ahhoz, hogy a különböző alakítottságú próbatestek adatait együtt kezeljük, az A egyenletparamétert az alakítás mértékének függvényeként kell felírunk, és ennek a függvénynek a konstansait kell futtatni adott határok között, majd amikor a program az adott alakítási mérték alkalmazáshoz ér, akkor kell újraszámoltatni az A értékét. Az A frekvenciafaktor értékét az alakítás mértékének (ε) függvényeként fejezhetjük ki, például a következő függvénnyel:

$$A = a \cdot (1 + \varepsilon)^b \quad (7)$$

Ebben az esetben az optimumkeresés a következő paraméterek alkalmazásával történhet: $n=1...4$, $Q=(10\ 000...200\ 000)\text{ Jmol}^{-1}$, $a=0.1...1.5$, $b=0.1...2$. A programfutás során, ha az adott alakítási mértékhez ér a program, akkor az A értékét az aktuális a , b és ε értékek megfelelően helyettesíti a számítási módszerbe. Ekkor az optimumkeresés összegzett képlete a következő:

$$\min\{\sum [x_{\text{mért}} - x_{\text{számított}}(n, Q, a, b)]^2\} \quad (8)$$

Ha más, termikusan aktivált folyamato-

kat vizsgálunk, akkor is alkalmazhatjuk az előbb említetteket. Ha egy adott termikusan aktivált folyamat sebessége nem teljes mértékben az elméleti Arrhenius-egyenlet szerint függ a hőmérséklettől, akkor alkalmazhatjuk a következő formulát is:

$$k = A \cdot T^\alpha \cdot e^{\frac{Q}{R \cdot T}}, \quad (9)$$

ahol T^α – korrekciós tényező, melyben
 T – hőmérséklet (K);
 α – konstans.

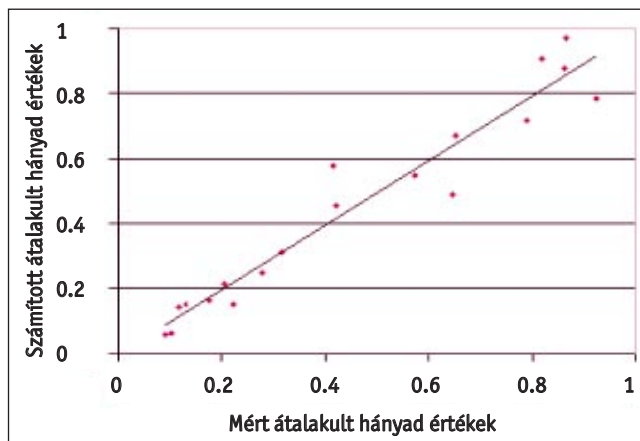
5. Számítási eredmények

Az optimumkeresések eredményeképp megkaptuk a kísérleti anyagok átalakulási függvényeit, de nem minden anyagminőség esetében kaptam megbízható eredményt. Ez abból adódik, hogy az optimumkeresés csak megfelelő számú mérés esetén ad konkrét eredményt. Ha kevés mérési adatunk van, akkor többféle n , Q és A kombináció esetén találunk minimumot, így nem tudjuk eldönteni, melyik az a paraméter kombináció, amely ténylegesen jellemzi a folyamatot. Nikkel és titán anyagminőségek adatainak futtatásakor jelentkezett ez a probléma. A 3. ábra a réz próbatestek mérési és számítási adatainak korrelációját szemlélteti.

Összefüggést véltem felfedezni a kísérleti anyagok rekristallizációs aktiválási energiái és az olvadáspontjuk között. A 4. ábra szerint az aktiválási energia az olvadáspont monoton növekvő függvénye.

Az Avrami-kitevő (n) anyagtól ill. technológiától való esetleges függését további kísérletek elvégzésével lehet megállapítani.

A kiszámított izotermikus egyenletek felhasználásával modellezhetők a



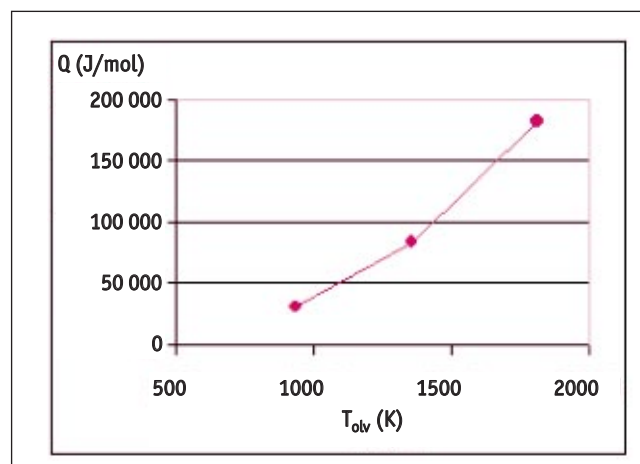
3. ábra. Korreláció a mért és a számított átalakult hányad értékek között

változó hőmérsékletű hőkezelések. Erre mutat példát az 5. ábra. Az ábra egy alkatrész adott pontjának hőmérsékletét és az átalakult hányad értékét mutatja az idő függvényében. Megfigyelhetjük, hogy ahol a hőmérséklet alacsony, ott az átalakulás sebessége lelassul.

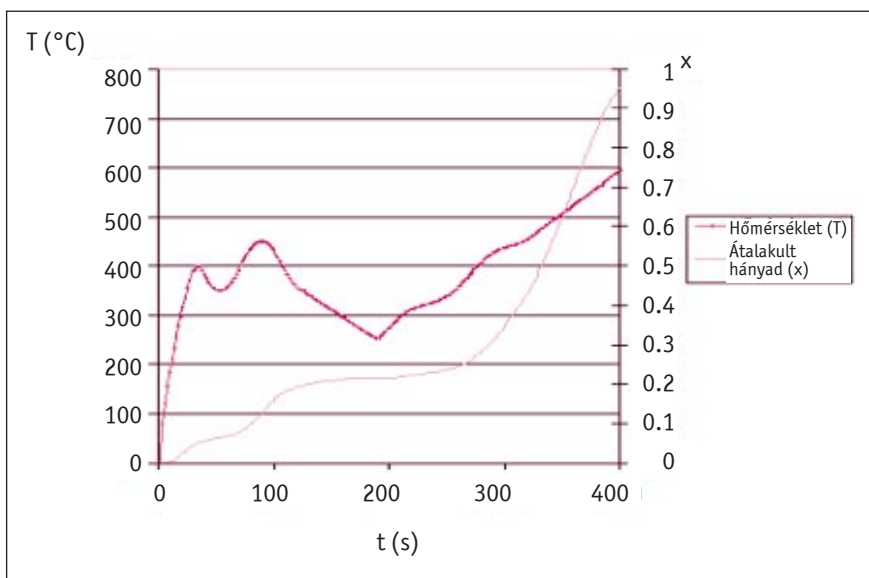
6. Összefoglalás

Az eddigi kutatási eredmények igazolták, hogy az izotermikus egyenletek átszámolhatóak folyamatosan változó folyamatok leírására; most pedig bizonyítottá vált az a feltételezés, hogy ez fordítva is igaz, azaz időben változó sebességű átalakulásokból származtathatók izotermikus egyenletek.

A bemutatott módszer alkalmas tetszőlegesen változó hőmérsékletű átalakulási folyamatok izotermikus körülményekre vonatkozó egyenleteinek meghatározására. A módszer hátránya, hogy



4. ábra. A kísérleti fémek aktiválási energiája az olvadáspontjuk függvényében



■ 5. ábra. Változó hőmérsékletű hőkezelés hőmérséklete és átalakulási görbéje

megbízható eredményt legalább 10-12 mérési adathalmaz számítógépes optimumkeresésével kaphatunk. A kifejlesztett módszer előnye, hogy kizárjuk a hőmérséklet előre nehezen számszerűsíthető változásából adódó számítási hibákat.

Az ipari megvalósítás folyamatkövető célprocesszorok alkalmazásában rejlik. A

célprocesszor bemeneti adatai az adott anyagminőség tulajdonságai, hőkezelés előtti állapota és a hőkezelés megkezdése után a darab pillanatnyi hőmérséklete. A célprocesszorok segítségével ismertté válik az átalakulási folyamat jelenlegi állapota, bárhogyan is változik a hőmérséklet.

Irodalom

- [1] Gergely M.: Az austenit izotermás és folyamatos lehűlés közben végbemenő átalakulásai közötti összefüggések. BKL Kohászat, 104. évf., 1971. 7. sz., p. 309-313.
- [2] P. N. Kalu – D. R. Warybo: A JMAK-Microhardness Model for Quantifying the Kinetics of Restoration Mechanisms in Inhomogeneous Microstructure, Acta Materialia, 2007, Vol. A 464, p. 68-75.
- [3] M. Réger – S. Takács – T. Réti: Modellierung der Rekristallisationskinetik von Weichstahl. IV. Konferenz „Metallkundliche Probleme der Werkstoffentwicklung“, Freiberg, 13. bis 15. September 1989., p. 153-168.
- [4] E. Woldt: New Kinetic Model for Primary Recrystallization of Pure Metals. Metallurgical and Materials Transactions, October 2001., Vol. 32A, p. 2465-2473.
- [5] A. G. Guy: Fémfizika. Műszaki Könyvkiadó, Bp., 1978.
- [6] G. Benchabane – Z. Boumerzoug – I. Thibon – T. Gloriant: Recrystallisation of pure copper investigated by calorimetry and microhardness. Materials Characterisation, 2008, Vol. 59, p. 1425-1428.

Az Európai Akadémiák Tudományos Tanácsadó Testületének Memoranduma az újonnan megválasztott európai parlamenti képviselők és biztosok számára

Az Európai Akadémiák Tudományos Tanácsadó Testülete (European Academies Science Advisory Council, EASAC) legutóbbi ülésén memorandumot bocsátott ki az újonnan megválasztott EP képviselők számára. A magas rangú tudományos testület szerint a jelenlegi gazdasági válság kihívásainak megoldásában alapvető fontosságú az európai tudományos kutatási eredmények felhasználása. A memorandum szerint kiemelkedő fontosságúak a környezetvédelem, az energia- és élelmiszerbiztonság, továbbá az egészségügy problémái, melyek megoldásában az EASAC segíteni kívánja az Európai Parlament, ill. az Európai Bizottság illetékes testületeit.

A bányászat és kohászat mind a környezetvédelem, mind az energiaellátás és felhasználás (valamint az ezzel szorosan összefüggő klímavédelem) ügyében erősen érintett, és vállalja az ezzel összefüggő felelősséget. Ennek megfelelően az MTA Metallurgiai Bizottsága már korábban felajánlotta

szakmai segítségét az MTA illetékes vezetőinek. Az alábbiakban közöljük a címben említett memorandum szakmaink szempontjából fontos részeit.

Napjaink gazdasági klímája egyszerre teremt feszültségeket és lehetőségeket. Legfőképpen arra kínál lehetőséget, hogy az EU drámaian és gyökeresen átalakítsa gazdasági rendszerét, valamint hogy bizalmat keltsen hosszú távú céljai iránt. Minden hiteles válságkezelő tervzetnek kötelezően számolnia kell tudományos, technológiai, fenntarthatósági és alacsony szén-dioxid-kibocsátási szempontokkal. Azon kell lennie, hogy Európa fejlett tudományos kutatóbázisa teljes mértékben hozzájárulhasson Európa jövőbeli prosperitásához, és egyúttal a globális kihívások kezeléséhez is. A jelenleg még meglévő korlátok lebontásával új, valóban multidiszciplináris és nemzetközi munkamódszereket kell ösztönöznie, és össze kell hangolnia az alap- és alkalmazott kutatásokat. Ilyen kutatásokból merítve kell

azután erőteljes és megalapozott politikai tervzeteket javasolnia minden olyan, a régiót – és valójában az egész világot – érintő sorsdöntő kihívás kezelése tekintetében, mint amilyen egyebek között az éghajlatváltozás, az élelmiszer- és energiabiztonság, az emberi egészség, a környezeti kihívások.

Létfonosságú, hogy az európai döntések szilárd bizonyítékokon alapuljanak, valamint hogy az Európai Bizottság és a Miniszterek Tanácsa rendszeresen és következetesen vegyen igénybe független szakértői véleményeket a széles hatókörű tervzetek előkészítési szakaszában, vegye napirendre a döntéshozatali tevékenység politikai megalapozását és erősítse meg az általános végrehajtási folyamatot. Az EASAC, mint a nemzeti tudományos akadémiák legfejlettebb természet- és társadalomtudományi kutatóbázisait képviselő szervezet, helyzeténél fogva kiválóan alkalmas arra, hogy független, reprezentatív és hiteles ajánlásaival tu-

(folytatás a 10. oldalon)

Környezetvédelmi beruházások az ISD DUNAFERR Zrt. Nagyolvasztóműnél

A dunaujvárosi Nagyolvasztóműben két, névlegesen 1 000 m³-es kohót, és két 50 m²-es ércsugorító szalagot üzemeltetünk. Az üzem indulásakor ezek el voltak látva a kor színvonalának megfelelő környezetvédelmi berendezésekkel, az elmúlt évtizedekben mégis több százezer tonna szén-monoxid és por került a környezetbe. A 90-es évektől az emisszió csökkentésére, a munkakörülmények és a gazdaságosság javítására irányuló programot indítottunk el. Írásunkban három olyan beruházásunkat ismertetjük, melyekkel a por- és gázkibocsátást évi kb. 10 kt-val sikerült csökkenteni.

1. Bevezetés

A nyersvasgyártás – mint a szakmában tudott – az integrált vaskohászati kombinátokban a kokszyártás mellett az egyik leginkább környezetkárosító technológia. Erre tekintettel mi is mindig törekedtünk a kohónál és a zsugorítóműben dolgozók, a városlakók, és tágabb értelemben a légkör védelme érdekében a CO- és a por-kibocsátás csökkentésére.

A Nagyolvasztómű saját forrásaiból vagy a kombinát támogatásával kisebb ráfordításokkal is értünk el eredményeket. Javítottuk az állapotokat pl. a mészégetőmű leállítása, a „csillagtörő”-nél szállópornak a zsugorítószalagra való visszaforgatása és új, üzembiztos kohógáz fáklya-éggő építése útján.

Több mint egy évtizede – a szigorodó hatósági előírások miatt is – a Dunaferr Acélművek Kft. területén jelentős anyagi

ráfordítást igénylő beruházásokat is elindítottunk.

Ez a munka a léghevítők átépítésével és tüzelésük korszerűsítésével kezdődött (1996-2008), a kohó öntőcsarnoki porelszívás kiépítésével folytatódott, és (már az ISD Dunaferr Zrt. elhatározására) az ércsugorítói porleválasztó elektrofilter telepítésével zárult (2007-2008). Természetesen lesznek még feladataink. A következőkben a befejezett fejlesztéseket ismertetjük.

2. A kohó öntőcsarnoki porelszívó berendezés

A kohók csapolása során nagymértékű a porkibocsátás a csapolónyílás kifúrásából, az olvadék csapolócsatornában, nyersvasüstbe és salaktálba történő áramlásából és a csapolónyílás bezárásából adódóan. Az igen nehéz fizikai munkák közé tartozó ol-

vasztár tevékenység munkakörülményeinek javítására 1997-ben megállapodás született a DUNAFERR Acélművek Kft. és a svéd ABB Environmental System AB között egy öntőcsarnoki porelszívó berendezés tervezésére. A cég a Nagyolvasztómű számára zsákos porleválasztó berendezést ajánlott, melynek beruházási költsége közel egymilliárd forint volt. A zsákos porleválasztó ünnepélyes avatására 1998. november 26-án került sor. A porelszívó berendezés az átadáskor csak a II. sz. kohót szolgálta ki. Az I. sz. kohón 2000 augusztusában elvégzett torokzáró berendezés cseréje alatt történt meg a porelszívóra történő rákötés, így ettől az időponttól kezdve mindkét kohói öntőcsarnok levegőjének minősége nagymértékben javult.

A porelszívó berendezés a kohó csapolónyílása fölé, a vas- és salakoldali billenőcsatornához épített ernyőkön keresztül szívja el a képződött port. Az ernyőket vezetékhálózat kötötte össze a II. sz. kohó léghevítői mellé telepített elszívó berendezéssel (1. ábra).

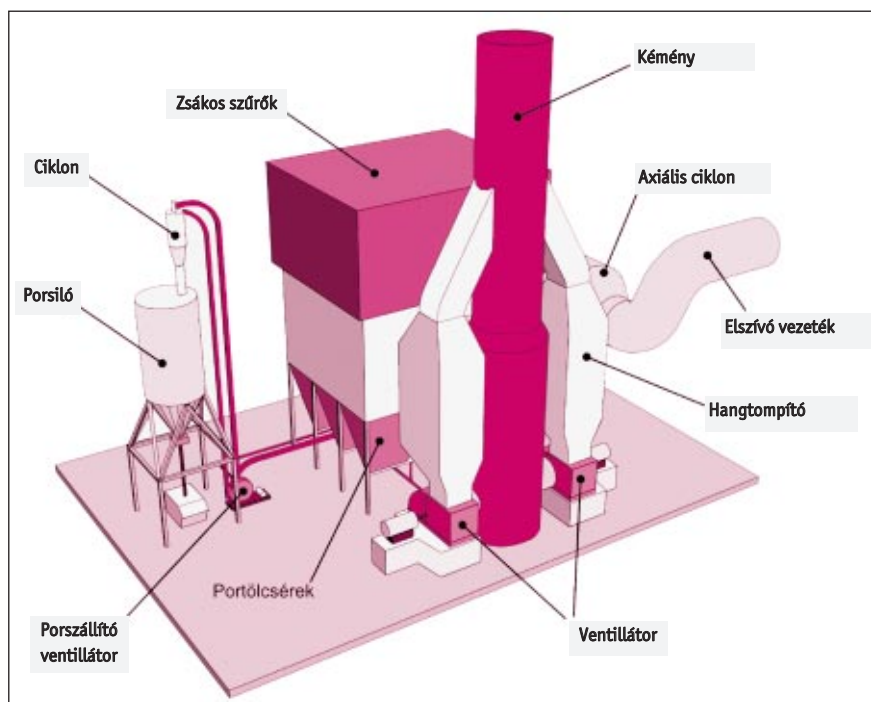
A poros gáz elsőként az axiális ciklonba kerül, ahol a por egy része leülepszik, valamint ez tölti be a szikrafogó szerepét is. Ezt követően a két nagyteljesítményű ventilátor (1 000 kW/985 ford.) által elszívott közeg a hat egységből álló zsákos szűrőkhöz kerül, ahol a felfüggesztett 2 322 db szűrőzsák felületén (7 430 m²) a nyersgáz portartalmának közel 98%-a összegyűlik. A megtisztított gáz egy kéményen keresztül a légtérbe távozik.

A zsákok tisztítása – meghatározott feltételek teljesülése esetén – automatikusan, sűrített levegő segítségével történik. A képződött por kihordását a zsákos szűrők alján elhelyezett csigás konvejjel oldották meg. A por szállítása egy porszállító ventilátor segítségével az axiális ciklontól a zsákos szűrőkhöz át egy csővezetékben történik, a tárolására szolgáló porsiló felé. A porsilóból a port rendszeres időközönként egy konténerbe ürítik. A berendezés segítségével éves szinten közel 1 400 t portól kíméljük meg a környezetet.

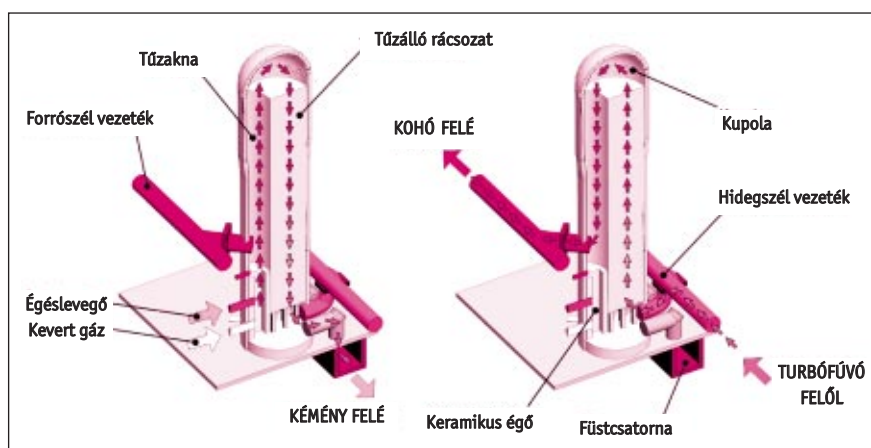
Móger Róbert okleveles kohómérnök. 1998-ban a Miskolci Egyetem Dunaújvárosi Főiskolai Karán, majd 2001-ben a Miskolci Egyetemen szerzett kohómérnöki diplomát. 1998-ban kezdő üzemmérnökként a Dunaferr Acélművek Kft. Nagyolvasztóműjében helyezkedett el. Később technológusként, majd technológiai osztályvezetőként dolgozott. Jelenleg az ISD DUNAFERR Zrt. Nagyolvasztómű termelésvezető-helyettese.

Cseh Ferenc kohómérnök. 1987-ben a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem Kohó- és Fémipari Főiskolai Karán kohómérnöki diplomát szerzett. 1987-ben a Dunai Vasmű Nagyolvasztóműjében üzemmérnökként kezdett el dolgozni. A ranglétrát végigjárva különböző vezető beosztásokat töltött be. 1998-ban a Nagyolvasztómű termelésvezetőjének nevezték ki, majd 2009-től az ISD DUNAFERR Zrt. Nagyolvasztómű gyárvezetője.

Kvárik Sándor kohómérnök. 1966-ban született Dunaújvárosban. A miskolci Nehézipari Műszaki Egyetem Kohó- és Fémipari Főiskolai Karán szerzett metallurgus üzemmérnöki diplomát 1989-ben. Ezt követően a DUNAFERR Ércelőkészítő és Darabosító üzemében helyezkedett el üzemmérnöki munkakörben. Jelenleg az ISD DUNAFERR Zrt. Nagyolvasztómű Ércelőkészítő-Darabosító üzem vezetője.



■ 1. ábra. A kohó öntőcsarnoki porelszívó sematikus rajza



■ 2. ábra. A léghevítők felfűtési és fűtési periódusa

3. A léghevítők CO-kibocsátásának csökkentése

A léghevítők regeneratív rendszerű tüzelőberendezések, amelyek a kohók forrószél ellátását biztosítják. A felfűtési periódus során a tűzknában égetjük el a kohógáz-kamragáz keveréket, a képződött füstgáz a kupolán átáramolva a tűzálló rácsozatot felmelegíti. A fűtési periódusban a turbófűvő felől érkező hideg (100 °C) levegőt átvezetjük a felhevített rácsozaton, az felmelegszik, így kb. 1 100 °C-os forrószéllel tudjuk a kohók levegőellátását biztosítani. A léghevítők működési elvét a 2. ábra mutatja.

A léghevítők egyik legfontosabb része a

szisztematikus fejlesztési sorozat kezdődött el, melynek során a léghevítők teljes tűzálló falazatát átépítették. A korábban alkalmazott Didier-típusú égőt a Hoogovens cég által tervezett keramikusz égő váltotta fel (3. ábra).

2008-ban az utolsó, II/1. sz. léghevítő felújításának befejezésével pontot tettünk a nyolc darabból álló léghevítőpark átépítésének végére.

Mindeközben 2007 nyarán elvégeztük a léghevítők automatikus tüzelésszabályozásához szükséges eszközök beszerzését és beépítését is. Ezt követően egy intenzív, három hónapos beüzemelési folyamat következett, amelynek során valamennyi léghevítőre külön-külön el kellett végezni a begyújtás-tüzelés folyamat optimalizálását. Az I. sz. és a II. sz. kohó léghevítőinek füstgázvizsgálását SERVOMEX 4900 típusú berendezés biztosítja, melynek folyamatosan mért O_2 és CO értékeit egy program felügyeli. Abban az esetben, ha az előírt értékhez képest eltérést észlel, úgy avatkozik be, hogy biztosítva legyen az optimális égési folyamat és ennek következtében az alacsony CO -kibocsátás.

Minderre azért volt szükség, mert a szigorodó környezetvédelmi szabályok miatt a Nagyolvasztóműnek tetemes légszennyezési bírságot kellett volna fizetnie a nagymértékű CO -kibocsátás következtében. Hatósági mérésekre az I. sz. kohó esetében 2006-ban és 2007-ben, a II. sz. kohónál 2005-ben és 2007-ben került sor, melynek eredményei az 1. táblázatban találhatók.

Látható, hogy a léghevítők átépítésével (keramikusz égők beépítésével) és a tüzelésszabályozás automatizálásával sikerült a CO -kibocsátást jóval az előírt határérték alá csökkenteni. Így évente közel 7 000 t szén-monoxidtól mentesítjük a környezetünket, és nagymértékben csökkentjük az ISD DUNAFERR Zrt. környezetvédelmi bírságát.

gáz-levegő keverék előállítására szolgáló égő. Csak megfelelő égővel biztosítható a jó tüzelési hatások és csökkenthető minimálisra a károsanyag-kibocsátás.

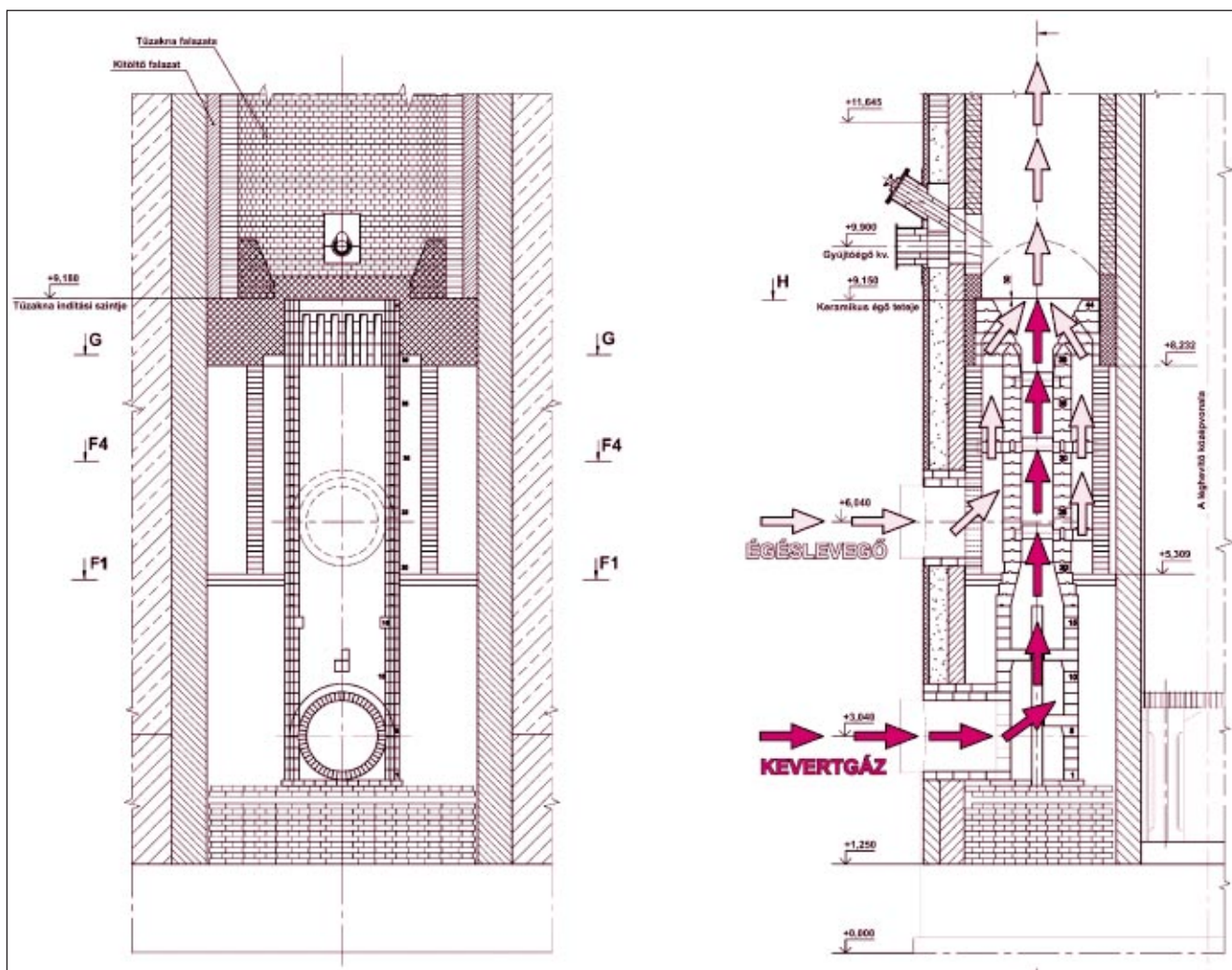
Az I. sz. kohón 1996-ban egy olyan

1. táblázat. Az I. sz. és a II. sz. kohó léghevítőinek füstgáz-koncentrációja

Mérési hely	Koncentráció (mg/m^3)**			Emisszió ($kg/tnyv.$)
	SO_2	NO_x	CO	CO
I. sz. léghevítő (P73)	178,0 / 50,7	195,6 / 35,6	2053,5 / 270,8	6,4* / 0,9
II. sz. léghevítő (P74)	47,0 / 47,2	8,7 / 9,1	8833,0 / 1246,0	6,4* / 0,9
Határérték	500	500	–	3,0

* Az I. sz. kohó 2006. évi és a II. sz. kohó 2005. évi mérési eredményei alapján számított érték.

** Itt és a továbbiakban légnemű közegeknél a m^3 normál állapotú gáz térfogatát jelöli.



■ 3. ábra. A Hoogovens-féle kerámikus égő metszeti képe és működési vázlata

4. Az Ércdarabosító üzemrész elektrosztatikus porleválasztó beruházása

Az egészség- és környezettudatos gondolkodás már hosszú ideje megkívánta az Ércdarabosító üzemrész légszennyezésének csökkentését. Ezt a szigorodó jogszabályi háttér is kikényszerítette, mivel abban az esetben, ha az üzem porkibocsátását nem sikerült volna a határérték alá csökkenteni, a környezetvédelmi hatóság kötelezte volna a légszennyezőt a tevékenység – azaz a zsugorítványgyártás – megszüntetésére.

A zsugorítványgyártás rendkívüli rugalmasságot biztosít a Nagyolvasztómű, és ezen keresztül az ISD DUNAFERR Zrt. számára. A kohók éves betétjének ugyanis több mint 50%-a zsugorítmány, s ennek minőségét, összetételét a nyersvasgyártás gyakran változó igényei szerint akár órákon belül is módosítani lehet.

A zsugorítószalagra feladott elegyet különböző érc, vállalaton belül képződött

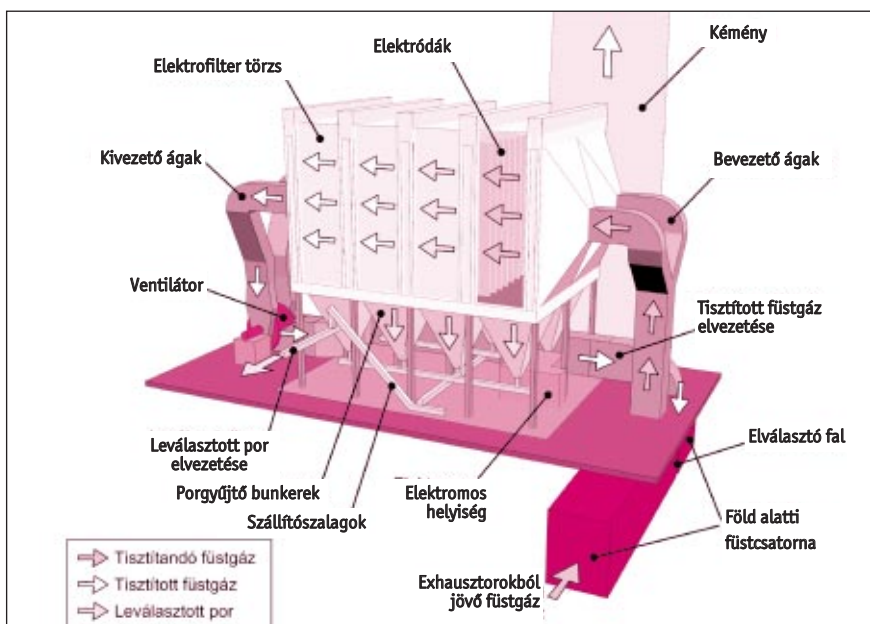
Fe-tartalmú hulladékok, salakképző anyagok, valamint a tüzelőanyagként szolgáló kokszpor elegye alkotja. A zsugorítványgyártás tűzi úton történő előkészítés, melynek során az előkészített elegyet az adagolórendszer segítségével feladják a zsugorítószalagra, majd annak tüzelőanyag-tartalmát a gyújtókemence felülről begyűjtja, miközben a keletkező füstgázt alulról, az exhausztorok segítségével elszívják. Az égés következtében felszabaduló hőmennyiség hatására az ércszemcsék felületi rétege meglágyul, aminek következtében azok összetapadnak, azaz megtörténik a darabosodás.

Az elszívott füstgáz bizonyos mennyiségű port ragad magával, aminek nagy részét – az eddigi gyakorlatnak megfelelően – főként a multiciklon választotta le. A leválasztás mértéke azonban, ahogy azt a 9. ábra adatai jelzik, nem volt elégséges ahhoz, hogy a porkibocsátás az előírt határérték alatt maradjon. Ezért az ISD DUNA-

FERR Zrt. 2007. május 30-án az Azov EKO céggel szerződést írt alá az Ércdarabosító üzemrészbe telepítendő elektrosztatikus porleválasztó berendezés tervezésére és kivitelezésére. A szerződésben leírt követelményeknek megfelelően a gázokban a por maximális tömegkoncentrációját az elektrofilter kimenetén 30 mg/m³ értékben határozták meg.

Az elektrosztatikus porleválasztók a viszonylag egyszerű konstrukciójuknak és a nagy (>98%) porleválasztási hatásfokuknak köszönhetően igen kedveltek.

Az elektrofilterekben a nagyfeszültséggel táplált koronaelektrodákból és a földelt gyűjtőelektrodákból álló nagyméretű acélszerkezet képezi a leválasztó kamrát. A poros gáz a belépőoldali osztott diffúzoron jut a leválasztó térbe. A leválasztó tér több, világosan külön táplált zónából áll, melyekben egymás mellett, párhuzamos elrendezésben találhatók a földelt gyűjtőelektrodák és a közöttük elhelyezett koronaelekt-



■ 4. ábra. Az ISD DUNAFERR Zrt. Ércdarabosító üzemszertebe telepített elektrosztatikus porleválasztó sematikus rajza

ródák. A koronaelektrodák a porszemcséket villamosan feltöltik, így azok a villamos erőter (elektrosztatikus erő) hatására gyorsuló mozgást végezve a földelt gyűjtőelektrodákon válnak ki, miközben elveszítik töltésüket. A gyűjtőelektrodákon lerakódott port az elektrodák periodikus kopogtatásával lehet eltávolítani, amit a porgyűjtő bunkerek fognak fel. A megtisztított gáz a kilépfoldali konfúzon át távozik az elektrofilterből, és a füstcsatornán keresztül a kéménybe kerül. A leválasztott por kihordása cellás adagoló és szállítószalag segítségével történik.

A szerződésben vállalt kibocsátási határérték biztosítására egy négyemezes, EA 198-4 típusú elektrofiltert szállítottak, amely 600 000 m³/óra térfogatáramú gáz megtisztítására alkalmas (4. ábra).

A berendezés telepítésének megkezdé-

séhez szükséges terület átadására 2007. október 3-án került sor. Ezt követően azonnal megkezdődtek az alapozási munkálatok.

Az elektrofilter alapja monolit vasbeton lemez, mely alá 135 db-ból álló vasbeton cölöpmező került (5. ábra). A cölöpök egyenként 14 m hosszúak, melyekbe összesen kb. 850 m³ betont építettek be.

Ezt követően a füstcsatorna áttörése, valamint a filterhez csatlakozó és az onnan elvezető csomók beépítése következett. Az elektrofilter fő tömegét 15 db acél tartóoszlop hordozza, melynek kivitelezési munkái közben a porgyűjtő tartályok összeszerelését, majd beemelését is elvégezték (6. ábra). A mintegy 700 t tömegű acél-felépítmény beemelését 200 t teherbírású daruval végezte a kivitelező.

Az ukrán kivitelezők az oldalfalak rögzí-



■ 5. ábra. Az alap alá épített vasbeton cölöpmező

tése és szigetelése után a bunkerek alján található porkihordó rendszert szerelték fel. Ezt követően az elektrodák és az elektrodákról a por eltávolítására hivatott kopogtató kalapácsok beemelését és rögzítését kellett elvégezni.

A füstgáz megfelelő áramlásának biztosításához nem lett volna elegendő a meglévő exhausztorok teljesítménye és a kéményhatás, így az elektrosztatikus porleválasztó beüzemeléséhez egy 355 kW teljesítményű, 0,4 kV feszültségű, 1 000/min fordulatszámú ventilátor alkalmazására is szükség volt (7. ábra).

A berendezés készre szerelését követően az elektrosztatikus porleválasztót rá kellett csatlakoztatni a füstgázvezetékre, amely 2008. szeptember 1-4. között történt meg. A rendelkezésre álló rövid idő alatt egy terelőfalat kellett beépíteni a füstcsatornába, valamint a be- és kilépő csomók elektrofilterre történő rákötését is meg kellett valósítani. A nyers és a megtisztított gáz tökéletes szétválasztását biztosító terelőfal kivitelezésével a füstgáz – a tisztítást követően – a szétválasztott füstgázcsatorna kémény felőli oldalára kerül visszavezetésre, majd onnan a 103 m magas kéményen keresztül a légtérbe távozik.



■ 6. ábra. Az első porbunker beépítése



■ 7. ábra. A ventilátorok szerelése



■ 8. ábra. Az első porkihordó rendszer

golóbból és öt szállítószalagból álló porkihordó rendszer biztosítja.

Az elektrosztatikus porleválasztó berendezés ellenőrző műszerei, automatikus beavatkozást biztosító folyamatirányító rendszere, valamint a programba beépített biztonsági reteszfeltételek biztosítják a technológiai folyamat ember felügyelete nélküli automa-

nepélyes avatására 2008. október 30-án került sor. Ettől az időponttól datálható a berendezés próbaüzeme.

Az elvégzett hatósági mérések bizonyítják, hogy a berendezés képes betölteni a szerepét, a porkibocsátás óriási mértékben, $5,6 \text{ mg/m}^3$ értékre csökkent, ami jóval az 50 mg/m^3 hatósági határérték alatt van. Az Ércdarabosító üzembrész nagyképményen eltávozó füstgáz porkoncentrációja látható 2000-től kezdve a 9. ábrán.

Jól látható, hogy a porkibocsátás jelentős mértékben változott a mérések között, ami azt jelzi, hogy a zsugorítószalagokra kerülő elegy minősége és a termelt zsugorítvány mennyisége nagymértékben befolyásolta a képményen távozó por mennyiségét. Ez az ingadozás, és természetesen a képményen távozó por mennyisége az elektrofilter beüzemelését követően ugrásszerűen csökkent. Az elektrosztatikus porleválasztó berendezés üzembe helyezésével a porkoncentráció a korábbinak megközelítőleg a századrésze csökkent.

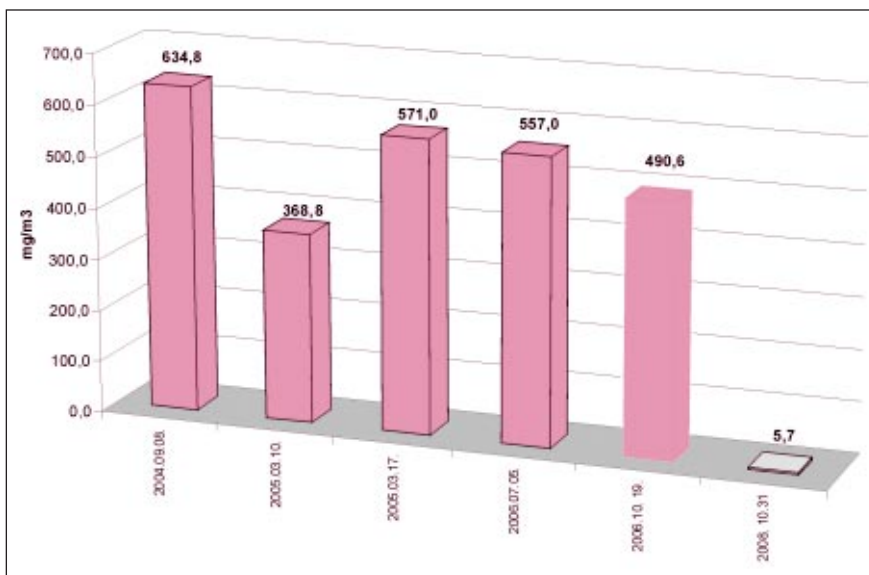
A fentebb említett számszerű eredményeknél azonban sokkal szemléletesebb a 10. ábra, melyen az Ércdarabosító üzembrész nagyképménye látható a porleválasztó berendezés bekapcsolása előtt, majd azt követően. A beruházás megvalósításával a Nagyvolasztómű és a város levegőjének porterhelése éves szinten mintegy 2 000 t-val csökkent.

5. Összefoglalás

Az elmúlt több mint egy évtizedben jelentős környezetvédelmi beruházások történtek a Nagyvolasztómű területén. A három fejlesztés együttes hatásaként éves szinten kb. 3 400 t por- és kb. 7 000 t szén-monoxid-szennyezéstől óvtuk meg a környezetet, ill. az itt élő és dolgozó embereket.

Természetesen további, környezetvédelemmel kapcsolatos feladatok állnak még a Nagyvolasztómű előtt. Többek között a „visszatérítő” hűtőképményen távozó por további csökkentése, valamint a kohói szállópor kiporzásmentes leürítése kíván hatékony megoldást.

A Nagyvolasztómű a rendelkezésére álló eszközök felhasználásával továbbra is igyekszik olyan beruházások megvalósítását elősegíteni, kivitelezni, amelyek segítségével minimalizálni lehet a környezet-szennyezés mértékét.



■ 9. ábra. Az Ércdarabosító üzembrész nagyképmény (P51) füstgáz porkoncentráció méréseinek eredménye



■ 10. ábra. Az Ércdarabosító üzembrész nagyképményének porkibocsátása (P51) az elektrofilter bekapcsolása előtt és után

A leválasztott finomszemcsés port az elegyelőkészítés folyamatába visszajáratjuk, így megtörténik az újrahasznosítása. A por elszállítását (8. ábra) nyolc cellás ada-

tikus üzemelését. Természetesen a berendezés időszakos ellenőrzése karbantartó személyzetet igényel.

Az elektrosztatikus porleválasztó ün-

Az Európai Akadémiák Tudományos Tanácsadó Testületének Memoranduma az újonnan megválasztott európai parlamenti képviselők és biztosok számára

(folytatás a 4. oldalról)

dományosan is alátámassza a napirenden szereplő kulcsfontosságú politikai döntéseket, és képviselje az európai tudományos kutatói közösség szükségleteit és prioritásait. Az EASAC melegen üdvözlí Barroso elnök minap bejelentett elkötelezettségét, mely szerint tudományos főtanácsadót nevez ki az újonnan felálló Bizottság mellé, és nagy várakozással tekint a tudományos főtanácsadóval való szoros együttműködés elé, amelynek során munkáját magas színvonalú és időszerű tudományos tanácsokkal szándékozik segíteni.

Az EASAC-memorandum ismerteti azokat az Európai Uniót érintő alapvető kihívásokat is, amelyek megvitatásához és megoldásához a tudomány jelentősen hozzájárulhat, és azokat a területeket, amelyeken az EASAC az akadémiák saját nemzeti, illetve közös kutatásaira támaszkodva mobilizálni tudja a régió kulcsfontosságú szakértőit.

Európa érdekében: éghajlatváltozás, környezet- és élelmiszerbiztonság.

Az új Parlament és Bizottság számára az éghajlatváltozás és az élelmiszer-ellátás biztonságának kérdésköre lesz az egyik legnagyobb kihívás. Jelenleg az Unió évente mintegy 500 millió eurót fordít az éghajlat-tal kapcsolatos kutatásokra. Az új Bizottság kulcsfontosságú feladata lesz, hogy e kutatások eredményeit minél gyorsabban és hatékonyabban építse be a döntéshozatali folyamatokba, különös tekintettel a koppenhágai poszt-kiotói tárgyalásokra (COP15).

Nyomatékosan javasolják, hogy a Parlament és a Bizottság folytassa eddigi erőfeszítéseit, és az alábbiak figyelembevételével alakítson ki közös álláspontot:

1. Az üvegházhatású gázok kibocsátásának gyors csökkentése az egyik legfontosabb prioritás, ennek elérése érdekében olyan pontos és lényegre törő programok megfogalmazására van szükség, amelyek figyelembe veszik az új technológiák lehetséges szerepét (pl. geo-engineering).
2. A tagállamok hatáskörét meghaladó, szélsőséges időjárás és áradási helyzetekben alkalmazandó intézkedési tervek.
3. Az éghajlatváltozás miatt veszélybe került az ökoszisztéma keretén belüli természetes „szolgáltatások” megőrzése (élelem, növényi rostok, fűtőanyagok, tiszta víz, betegségek szabályozása).

Ezek hiányában veszélybe kerül Európa lakosainak megélhetése, egészsége és jóléte.

4. Az erőforrások hatékonyabb felhasználása az EU globális ökológiai lábnyomának csökkentése és a nyersanyagok jövő generációk számára való megőrzése érdekében.

A biztonságos energiaellátásért

Az európai energiapolitika célja az üvegházhatású gázok kibocsátásának és a szénhidrogén import miatti sebezhetőség csökkentése. A tagállamok jogilag vállalt kötelezettségei szerint 2020-ig az üvegházhatású gázok mennyiségét és az energia felhasználását is 20-20%-kal csökkentik, a megújuló energiaforrások mennyiségét pedig 20%-kal növelik. 2050-ig a cél az üvegházhatású gázok mennyiségének 60-80%-os csökkentése.

A biztonságos és fenntartható energiaellátás érdekében a következő fő politikai területeket ajánljuk figyelmükbe:

1. Az olaj- és földgázellátás biztonsága és a geopolitikai hatások figyelembevétele. Európának több figyelemmel kell lennie arra, hogyan alakulnak a globális olaj- és gáztartalékok a következő néhány évtizedben, különös tekintettel az északi-tengeri olaj- és gázkitermelés gyors csökkenésére.
2. Jobb technológiák a szénnel való pazarlás csökkentésére az energiatermelésben. A szén-dioxid felfogása és tárolása fontos, de a jelenlegi porszéntüzelésű erőművek üzemelési költségeinek csökkentését is meg kell oldani. Nagyobb hatások lenne elérhető, ha a villamos erőműveket kombinált hő- és áramszolgáltató üzemekkel helyettesítenék.
3. Az új közlekedési rendszerekben be kell vezetni a bioüzemanyagok, a hidrogén és az elektromosság kombinált használatát. Az integrált stratégiai tervnek legyen része a várostervezés és a fejlett telekommunikációs technológiák alkalmazása is.
4. Új és felújított épületek jobb energiahatékonysága, a fogyasztói magatartás befolyásolása a társadalom- és gazdasági tudományok eredményeinek politikai felhasználásával.
5. Összeurópai elektromos ellátási hálózat. Az EASAC az intelligens elektromos hálózatokról szóló legújabb tanulmánya egy

integrált európai hálózat kialakítását ajánlja az átviteli technológiák további kutatása és fejlesztése mellett.

6. Az elektromos ellátási rendszerekbe integrálni kell a megújuló energiákat, a nap, a szél és a hullámok energiáját is.
7. Az EU 27 tagállamának villamosenergia-igényét 30%-ban atomerőművek elégítik ki. További kutatások és fejlesztések szükségesek a minimális hulladékanyag-termelésű és a biztonság maximumát nyújtó negyedik generációs atomerőművek kialakításához.

A politikai irányvonalak és döntések kidolgozói számára fontos a korai figyelmeztető rendszerek kialakítása, amelyek a különböző politikai célok közötti szinergikus kölcsönhatások és konfliktusok létre hívják fel a figyelmüket.

Például a klímaváltozással és a légszennyezéssel kapcsolatos politikák egymást erősítik. A bioüzemanyagokkal és az élelmiszerbiztonsággal kapcsolatos politikák között viszont összeütközések vannak, s mindkettő ellentétben lehet a biodiverzitási politikák célkitűzéseivel.

A tudományos bizonyítékokon alapuló politikai döntések határozott eredményeket hozhatnak, de ehhez erős tudományos háttér és az érdekelt szereplőkkel folytatott elmélyült párbeszéd szükséges. Az európai akadémiák tanácsadó szervezete, az EASAC rendelkezik azzal a szellemi potenciállal, amelynek birtokában megalapozott és hiteles véleményt tud nyilvánítani. Ezért az EASAC több olyan támogató szolgáltatást is tud nyújtani az európai döntéshozók számára, amelyek széles konszenzus kialakítását és a tudomány eredményeinek a politikában való megjelenését szolgálják: független szakértői tanulmányok és jelentések készítése, szakértők, politikusok és az érdekelt szakközösség közötti konzultációk lebonyolítása, formális részvétel az európai bizottsági döntés-előkészítő konzultációs folyamatokban, biztosok és európai parlamenti képviselők felkészítése, stratégiai partneri viszony kialakítása más tudományos hálózatokkal és intézményekkel annak érdekében, hogy szélesebb körű konszenzus jöjjön létre, és a politika üzeneteiben az eddiginél jóval nagyobb részt kapjanak a fontos tudományos eredmények.

BACSKAI ANTAL

Szénőrlő malmok verőlapjainak törésvizsgálata

Egy szénportüzelésű hőerőmű szénőrlő malmaiban a beszerelést követő próba-járatás során már akkor nagy számban törtek a verőlapok, amikor az őrlés még meg sem indult. Az erőmű természetesen kérte annak a megállapítását, hogy a káresemény milyen okokkal magyarázható.*

1. A verőlapgyártás követelményei

Az öntött verőlapok anyagminősége az MSZ 8273 szerinti ÖX 100 CrMo 6 volt, amelynek a vegyi összetételre vonatkozó előírása: C=0,8-1,2%; Si=0,5-1,0%; Mn=0,4-0,8%; Cr=5,0-6,0% és Mo=0,8-1,2%.

A szabvány szerint a keménység edzett és feszültségmentesített állapotban 64 HRC, edzett és megeresztett állapotban 53 HRC. Az edzés ajánlott hőmérséklete 920-950 °C, hűtőközege áramló levegő. A megeresztés hőmérséklete 200-600 °C a méret, az alak és a felhasználási igény függvényében.

A felhasználói irányelveket marketing stílusban fogalmazták meg a szabvány alkotói: „Nagy kopásállóságú, edzett és megeresztett állapotban szívós ötvözet. Ütészzerű igénybevételnek jól ellenáll. Szén- és klinkermalmok pánccelzáthoz, szórólápatok, őrlő- és aprítógépek kopó alkatrészeihez ajánlott”.

A szabvány optimizmust sugall a felhasználónak. Némi pesszimizmussal viszont kijelenthető, hogy ilyen anyagú, ala-

kú és méretű öntvényeknél akármilyen hőkezelési paraméterek szerint módosítják a szövetszerkezetet a szabvány ajánlásai és a gyakorlati tapasztalatok szerint, a verőlap anyaga igazán szívós nem lehet az összetétele és primér karbidszerkezete következtében. Ezzel szorosan összefügg az a következtetés is, hogy az „ütészzerű igénybevételnek jól ellenáll” ajánlás megtévesztő.

Egy öntvénynek sokféle lehet a szövetszerkezete, felületminősége, szabványok szerint megengedett és meg nem engedett belső hibarendszere (pl. zsugorodási repedések), maradó (öntési) és üzemi feszültségekből eredő, alakjával, méretével, szerelési módjával is összefüggő feszültségállapota.

Mindezekkel kölcsönhatásban igen sokféle lehet az „ütészzerű igénybevétel” is, s nem mindegy, hogy az üzemeleti, beszerelési feszültségekkel is terhelt állapotban, vagy más körülmények között éri a verőlapot.

A jó kopásállóságként jelölt felhasználói alapkövetelmény, s az azzal alapvetően összefüggő gazdaságos élettartam legszorosabb korrelációt a keménységgel és a szívóssággal mutat, de ezt a két anyagjellem-

zőt nagyon nehéz együtt optimalizálni. Az erőmű nem is írt elő hőkezelési módot és keménységet, hanem a már említett vonatkozó szabvány értelmében, edzett és megeresztett állapotot feltételezve az öntődére bízta a hőkezelés módját.

A szállítási állapotban mutatott törékenységet tapasztalati alapon egy ejtőpróbával vizsgálták. Ezt az ejtőpróbát a káreseményt követően is elvégezték a gyártó és a felhasználó által közösen kiválasztott mintadarabokon. Azok mind megfelelték, így a gyártó véltlennek tartotta magát a vita első szakaszában. A felhasználó viszont ennek ellenére ragaszkodott a szakintézmény által végzett komplex kárelemző vizsgálathoz.

2. Kárelemző vizsgálatok

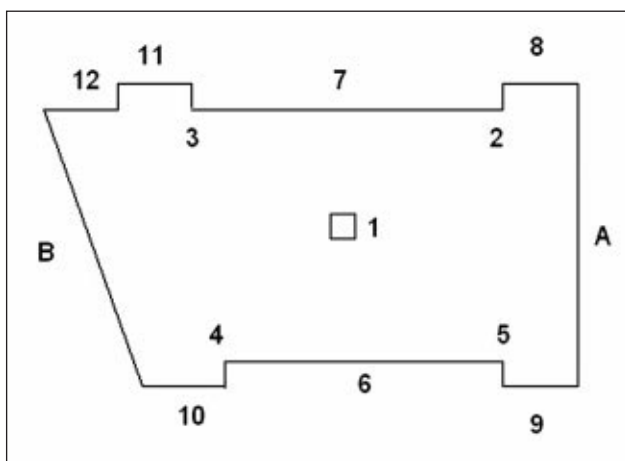
A törések okainak meghatározásához a következő vizsgálati program készült:

- a gyártási körülmények felülvizsgálata;
- a felhasználó szerelési, beépítési, beüzemelési körülményeinek elemzése;
- a felhasználó által kiválasztott 22 db verőlap és 11 db verőlap-törődék komplex laboratóriumi vizsgálata, amelynek a műveletei:
 - makroszkópos vizsgálat;
 - anyagazonosító vegyelemzés két töredéken;
 - Vickers keménységmérések négy töredék öntési és töretfelületein;
 - fémmikroszkópos vizsgálat öt töredék keresztmetszeti csiszolatán (helykiválasztási szempont volt a szabad szemmel is látható belső öntési hibarendszer, valamint a melegen vágott szerelési oldal-felület);
 - mágneses repedésvizsgálat valamennyi verőlapmintán és töredékdarabon;
 - izotópos radiográfiai vizsgálat valamennyi verőlapon.

A gyártási körülmények elemzése során az körvonalazódott, hogy az öntőde nem

Bacskai Antal 1966-ban szerzett gépészmérnöki oklevelet a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemen, majd 1971-ben hegesztő szakmérnöki oklevelet a Budapesti Műszaki Egyetemen. 1972 óta bejegyzett ipari szakértő, 1985-től UNIDO és HUNKOR szakértő. 26 évig dolgozott a Vasipari Kutató Intézetben, kilenc évig a Műszaki Biztonsági Főfelügyeletnél, öt évig a CORROCONT Kft.-nél. Másodállásban 12 évig volt egyetemi és főiskolai oktató. Több mint 120 cikk, előadás szerzője a hőkezelés, hegesztés, anyagvizsgálat és korrózió témakörökben. Szakterületei: kohászati és gépipari anyagvizsgálat, alkalmazott fémtan, állapotértékelések, kárelemzések, nyomástartó létesítmények, tárolótartályok vizsgálata, korróziós diagnosztika.

* A cikk korábbi szakértői vizsgálat eredményét ismerteti, ma is aktuális megállapításai alapján tartottuk célszerűnek a közlését.



■ 1. ábra. Az öntvény körvonalrajza

mérte fel reálisan, milyen kockázatos termék az ilyen ötvöztetésű (figyelemmel elsősorban a nagy karbon- és krómtartalomra) acélöntvény az erős dinamikai igénybevételt jelentő szénőrlő malomban. Megelégtek az ejtőpróbás minősítéssel, pedig az őrlési fárasztás még a mikrorepedéseket is hatékony élettartam-csökkentőként „aktivizálja”.

A minőség-ellenőrzésbe feltétlen be kellett volna iktatni a mágneses repedésvizsgálatot, s a belső hibák figyelemmel kísérésére a szűrőpróbaszerű radiográfiát.

A gyártóműben a következő műveletek során keletkezhetnek repedések az ilyen légedzett acélöntvényben:

- az öntvény dermedésekor;
- az öntési hibák köszörülései, hegesztési javításakor;
- a felöntések levágásakor;
- az edzési hőmérsékletre történő nem megfelelő sebességű felhevítéskor;
- az edzés hűtési fázisában;

– a megeresztési művelet felhevítési és lehűtési szakaszában.

A felsorolt elvi repedési okok között kölcsönhatások is fennálltak. A felöntés levágásakor keletkezett repedés biztos, hogy nagyobb repedéssé nő, sőt törést okozhat már a hőkezelési műveletek során ébredő feszültségek hatására.

A felöntések eltávolításakor keletke-

zett durva vágási felület is arra utalt, hogy nem reálisan becsülték az abból eredő repedés kockázatát.

Az erőmű a beszerelés során alak- és méretmódosítás céljából melegvágást és durva köszörülési műveleteket végzett, valamint kiegyensúlyozáskor felrakó hegesztést is alkalmazott. Mindezek a körülmények nagymértékben növelték a különböző méretű repedések keletkezésének valószínűségét. Jellemző, hogy a 11. számú mintadarabról a vizsgálati rakosgatás során leesett a kiegyenlítéshez felhegesztett rész, mert varrata ki volt repedve az öntvényből.

A laboratóriumi makroszkópos vizsgálatok során 11 db, különböző verőlapokból származó öntvénytörődék felületét ellenőrizve 9 db belsejében voltak szabad szemmel is észrevehető belső öntési hibák, üregek, repedések. Ezek az eredmények irányadók voltak a fémmikroszkópos csiszolatok kimunkálásához is.

A felületi vágási, köszörülési helyek

(akár öntődei, akár erőművi) szinte mind repedésgyanúsak voltak.

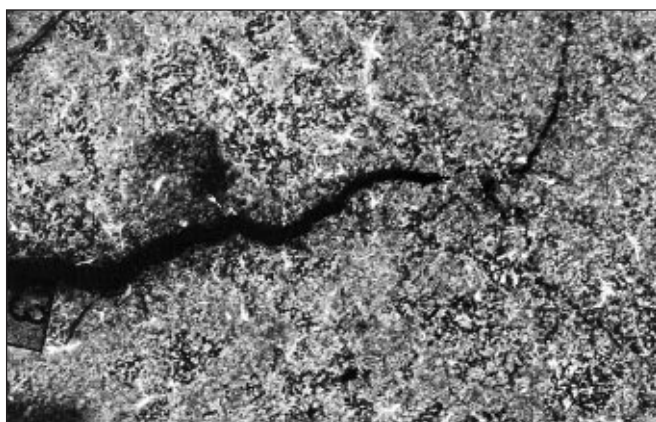
A vegyi összetétel ellenőrzése három, véletlenszerűen kiválasztott törődékdarabon történt. Mindhárom darab összetétele megfelelt a szabványosnak.

A 22 db verőlapon, valamint néhány nagyobb törődéken fluoreszcens jelzőszuszpenzióval mágneses repedésvizsgálatot végeztünk. Nem mutatkozott repedés az 1, 7, 13, 14, 15, 16, 17 és 21 számjelzésű verőlapokban, a többiekben viszont különböző helyeken voltak repedések, amelyek részben egyértelműen öntészeti eredetűnek minősíthetők, részben a meleg vágási felületeknél jelentkeztek. A repedések számát, helyét (a verőlap 1. ábrán látható felülzeti képén szemléltetve) az 1. táblázat tartalmazza. A vizsgálat nem terjedt ki az A és B véglapokra. Amelyik számjelzett felületen két, egymástól viszonylag távoli repedés is volt, a felület számjelzése kétszer szerepel a táblázatban (pl. 8, 8).

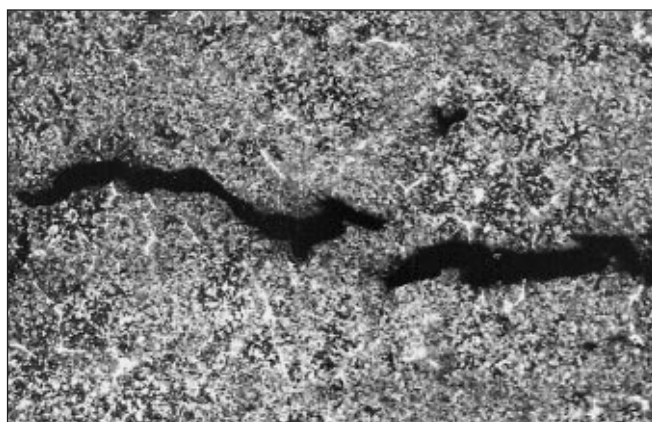
A mágneses repedésvizsgálat eredménye a következőkben összegezhető:

- a 14 darab felületén repedt öntvény közül 11 darab más helyen is repedt volt;
- a leggyakoribb repedési helyek a kiegyenlítő tömeg felhegesztésének helyei (1) és a melegen vágott felületek voltak;
- egyértelműen gyártóművi eredetűek a 2, 3, 4, 5 és 6 számjelű felületeken talált repedések;
- az üzemi igénybevétel szempontjából különösen veszélyesek ezek közül az 1, 2 és 5 jelű helyeken keletkezett repedések.

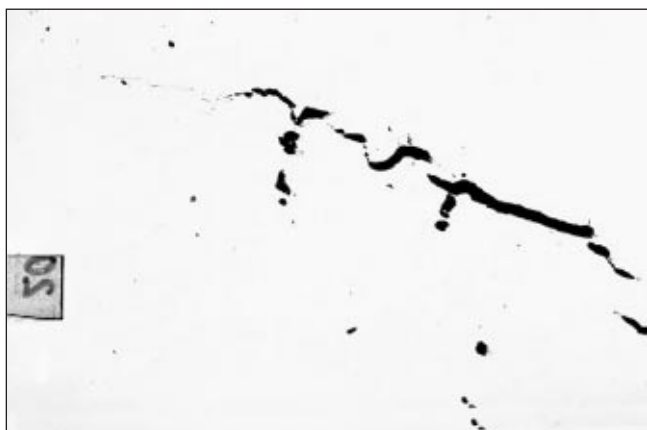
Meg kell említeni azt is, hogy az ilyen durva felületi érdességű acélöntvényeken a mágneses repedésvizsgálat érzékenységi szintjénél kisebb repedések is lehetnek,



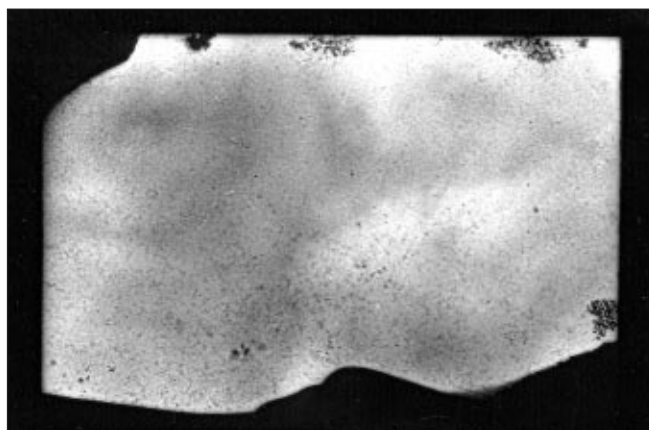
■ 2.a. ábra. Az L jelű öntvény minta finomszemcsés, perlites szövetszerkezete primer karbidhálóval, öntészeti melegrepedésekkel és az összetöréskor keletkezett repedésekkel (N=50x)



■ 2.b. ábra. Az L jelű öntvény minta finomszemcsés, perlites szövetszerkezete primer karbidhálóval, öntészeti melegrepedésekkel és az összetöréskor keletkezett repedésekkel (N=50x)



■ 3. ábra. Az L-jelű öntvényminta egyik melegrepedésének képe maratlan csiszolaton (N=50x)



■ 4. ábra. A B-jelű öntvénydarab felöntésének levágásánál sok mikrorepedés keletkezett (maratlan csiszolat, N=2,5x)

1. táblázat. A felületek számjelzése

Az öntvény számjele	Repedési helyek (vázlat szerint)	Megjegyzés
2	1, 2	
3	1	
4	1, 1, 8, 11	
5	2, 3, 5	
6	1, 1, 3, 7, 7, 8, 8, 11	8 és 11 melegen vágott
8	4, 6, 10	
9	2, 3, 6, 7, 8, 11, 11, 12	
10	1, 7, 9, 10	
11	10	
12	9	
18	1, 1, 9, 9, 10, 10	
19	1, 10	A + súly levált
20	5, 9, 10	
22	1, 11	

amelyek az üzemeltetési dinamikus hatások és a fáradás során komoly élettartamcsökkentő tényezők.

A megvizsgált töredékdarabokon szintén mutatkoztak repedések, de azokról nem lehetett egyértelműen megállapítani, hogy

egyezni. Ez könnyítette volna havária esetén a felelősség tisztázását is.

A radiográfiai vizsgálatok az MSZ 0536.3505/1,2-80 szabvány szerint ¹⁹²Ir izotóppal (Fuji 100) történtek mind a 22 verőlap mintadarabon.

öntési eredetűek vagy a havária során keletkeztek.

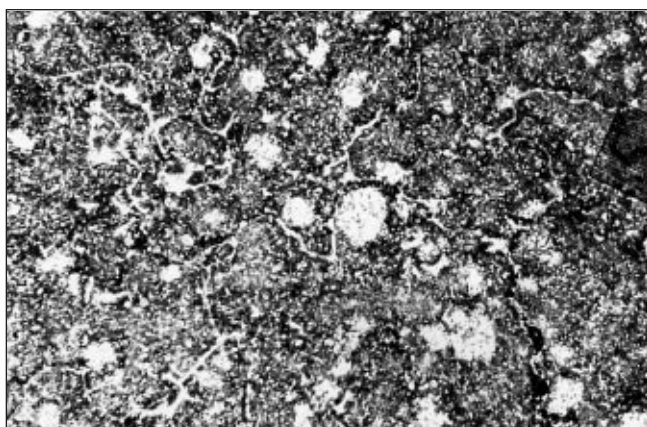
A verőlapok törése csupán a repedés jellegű hibák miatt is szinte elkerülhetetlen volt. Érdeemes lett volna tehát mágneses repedésvizsgálattal is ellenőrzött verőlapok szállításában meg-

Mindegyik öntvény radiográfiai képét 2-2 filmre lehetett rögzíteni. A képek minősége, szintén a nagy méret miatt, az öntvény hossz tengelyén a szélek felé haladva változó volt, így a kisebb hibákat kevésbé lehetett érzékelni.

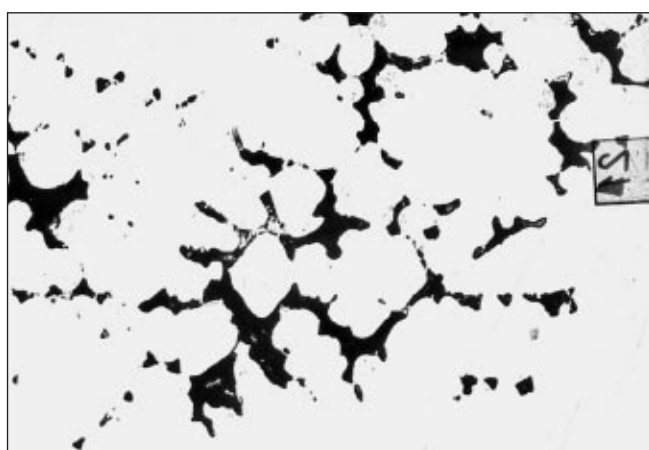
A radiográfiai felvételeket értékelve három jellegzetes hibatípus fordult elő a legtöbb öntvényben változó helyi, mennyiségi és méreteloszlásban:

- sok nagy „faágszerű” öntési melegrepedés (MSZ-05 36. 3505/2-80 E típus);
- különböző méretű gázzárványok, szívódási üregek (MSZ-05 36.3505/2-80 A és C típus);
- felületi repedések (MSZ-05 36 3505/2-80 E típus).

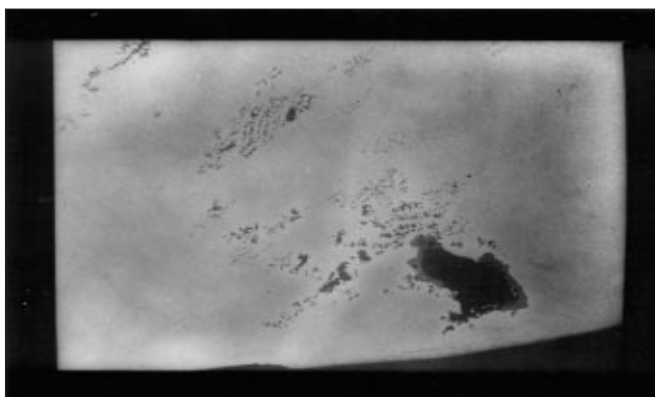
Az első két említett hibatípus vonatkozásában megfigyelhető a felöntési helyekhez igazodó szabályszerűség, ami az ilyen alakú és méretű öntvényeknél természetes. A harmadik hibatípus – a felületi, 5–20 mm mélységű repedés – a felöntés levágásainak a helyén volt a leggyakoribb.



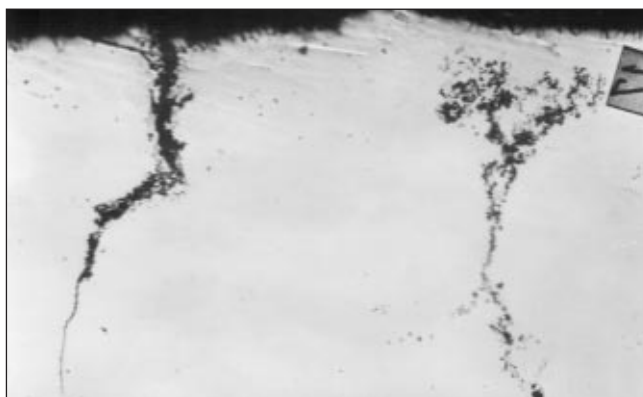
■ 5. ábra. A B-jelű öntvénydarab szövetszerkezete közepes szemcse-nagyságú, karbidhálós perlitcsomókkal (N=50x)



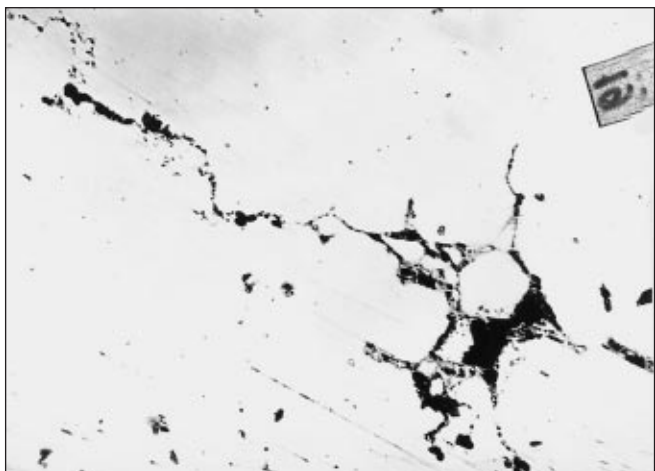
■ 6. ábra. A B-jelű öntvénydarab melegrepedései (N=50x, maratlan)



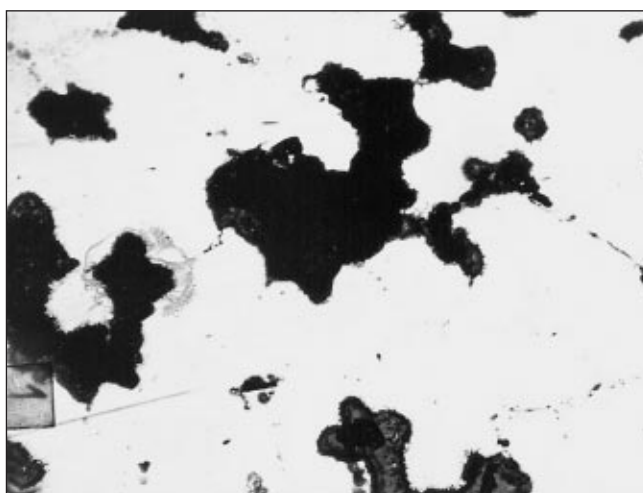
■ **7. ábra.** A C jelű öntvénydarabban található lunkerek és melegrepedések (N=2,5x, maratlan)



■ **8. ábra.** Repedések a vágási felületnél a C jelű öntvénydarabban (N=200x, maratlan)



■ **9.a. ábra.** Belső repedések részletei a C jelű öntvénydarabban (N=50x, maratlan)



■ **9.b. ábra.** Lunkerek a C jelű öntvénydarabban (N=100, maratlan)

A hibák nagysága és gyakorisága, valamint egy-egy öntvényben többféle hibatípus előfordulása alapján valamennyi öntvény az említett szabvány szerint R5 radiológiai hibafokozattal minősíthető (felhasználásra alkalmatlan darabok). Ezen túlmenően is különösen kedvezőtlen a melegrepedések nagy száma és mérete, mivel az öntvény térfogatának jelentős részét behálózták. Ilyen alkatrészeket dinamikus és fárasztó igénybevételre nem lett volna szabad beszerelni.

Fém-mikroszkópos vizsgálata a makroszkópos vizsgálat alapján 5 öntvénytörődék csiszolatát jelölték ki. Az öntvényekben elfoglalt eredeti helyzetet nem lehetett rekonstruálni egyik törödéknél sem.

A csiszolatokat különféle nagyításoknál, maratlan és maratott állapotban vizsgálva, a következő megállapításokat lehetett megfogalmazni.

Az L jelű darab (amelynek keménysége jóval kisebb volt, mint más ellenőrzött daraboké, s kisebb volt a szabványos alsó határnál is) szövete finomszemcsés, perlitese, s vékonyak a szemcsehatár menti karbidhá-

lók (2.a. és 2.b. ábra). Ennek az öntvénynek más volt a primer szövetszerkezete, s nagyobb volt a megeresztési hőmérséklete, mint a többieké. A darab belsejében öntészeti eredetű melegrepedések is vannak (2. és 3. ábra), amelyekhez csatlakoznak az összetöréskor keletkezett repedések, s amelyek a képeken hajszálvékonyak.

A B jelű darab nagy valószínűséggel egy felöntés levágási helyének közeléből származik. A vágási felületnél sok mikrorepedés keletkezett (4. ábra). Szövetszerkezete közepes szemcsefinomságú, karbidhálós (5. ábra), perlitcsomókkal és inter-kristallin öntési melegrepedésekkel (6. ábra), amelyek hossza kb. 5 mm.

A C jelű darab valószínűleg szintén egy felöntés levágási helyének környezetéből származik. Kis nagyítású keresztmetszeti képe a 7. ábrán látható nagy lunkerral és sok-sok öntészeti melegrepedéssel. Nagyobb nagyítású mikroszkópi fényképek szemléltetik a finomabb repedéseket (8. ábra) és a belső repedések részleteit (9.a. és 9.b. ábra). Szinte az egész csiszolt

felület tele van melegrepedésekkel.

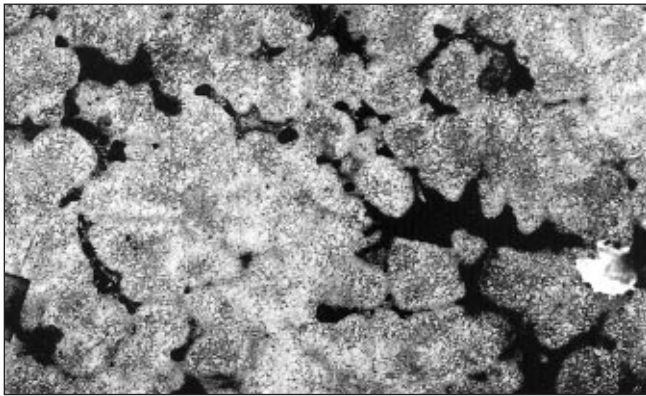
A D jelű darab csiszolatán is ugyanazon szövetszerkezeti jellemzők mutatkoztak, mint az előző darabok csiszolatán. Ebben az öntvényben sok volt a gázhólyag. Megeresztési hőmérséklete viszonylag alacsony lehetett (10. ábra).

A H jelű darab szövetszerkezetében részleges megeresztésről tanúskodnak a perlitcsomók és a viszonylag vastag primer karbidháló (11. ábra). A keménység 554-610 HV30 között változott. A melegvágási felületnél berepedezett ez az öntvény is (12. ábra), s a belsejében sok az öntészeti melegrepedés (13. ábra).

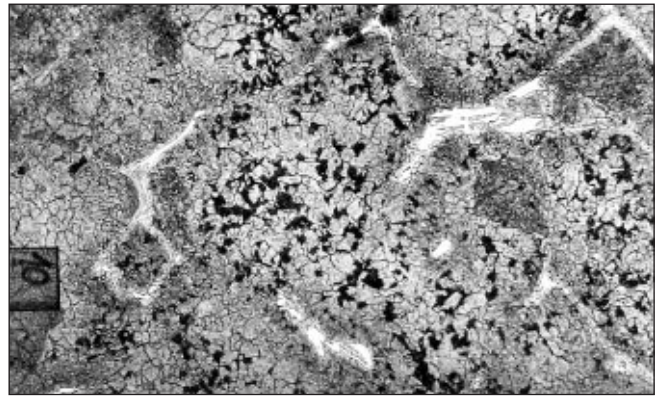
A fém-mikroszkópos vizsgálatok eredményeit összefoglalva megállapíthatjuk, hogy:

- az öt próbatest különféle szövetszerkezetű, amiből primer szövetszerkezetű, hőkezelésük különbözőségére lehet következtetni

- gyakoriak a 2–3 mm mély felületi repedések, elsősorban a melegvágási felületeknél;
- az öntvények belsejében sok a melegrepedés, s gázhólyagok is előfordulnak;



10. ábra. A D jelű öntvénydarab belső hibái (N=50x)



11. ábra. A H jelű öntvény jellemző szövetszerkezete (N=200x)



12. ábra. A H jelű öntvény repedése vágási felületnél (N=50x, maratlan)

– a fémmikroszkópos vizsgálatok eredményei összhangban vannak más vizsgálatok eredményeivel, s megerősítik azokat.

Keménységmérés (HV30) először négy töredék öntési felületén történt négy-négy ponton, majd két töredék keresztmetszeti csiszolatán 15-15 ponton mértek. A mérési eredmények viszonylag nagy szórást mutattak (2. táblázat), ami az ÖX 100

CrMo6 acélminőség öntött szövetét ismerve, és az öntvények méretét is figyelembe véve, természetes.

Mivel a két vizsgált csiszolaton (H és L) nagy volt a keménységek különbsége, az egyik (H) – amelyiknek keresztmetszeti (csiszolati) keménysége hasonló volt az öntött felületen mért keménységhez – 400 °C/2 óra/levegő hőkezeléssel megeresztést kapott, majd újabb keménységmérés következett (HV) 15 ponton. Az eredmények azt igazolják, hogy a keménységet még Vickers-gyémántokkal történő méréskor is alapvetően meghatározza a primer karbidháló.

A 2. táblázatban szereplő HRC értékek az MI 15191 alapján becsültek, mert ilyen hibás szövetszerkezetekben a HRC mérés nagyobb terhelő ereje nagyon veszélyezteti a gyémántot.

A keménységmérési eredmények összefoglaló értékelése:

- az ellenőrző mérésre kiválasztott darabok keménysége egy kivételével megfelelt a szabványnak;
- az egyes darabok keménysége jelentős mértékben eltérő, így feltételezhető, hogy többféle hőkezelési állapotú és primer karbid szerkezetű öntvény volt a szállítmányokban;

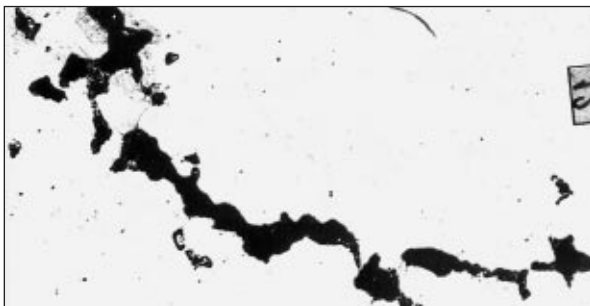
– a keménységet alapvetően a primer karbidháló határozza meg, a hőkezelés valószínűleg javítja a szívósságot.

3. Összefoglalás

A szénmalmi havária okainak vizsgálatához kiválasztott 22 db verőlap és 11 db töredék roncsolásmentes és roncsolásos laboratóriumi vizsgálata során a következő eredmények rajzolódtak ki:

- három minta ellenőrző vegyelemzése alapján az anyagminőség valóban ÖX 100 CrMo6;
- az egyes mintadarabok keménysége jelentős mértékben eltérő, azaz többféle hőkezelési állapotú és primer karbid szerkezetű öntvény szerepel a vizsgált mintákban is;
- ezt bizonyítják a fémmikroszkópos vizsgálatok eredményei is;
- a radiográfiai vizsgálat sok nagyméretű melegrepedést, melegvágásból eredő repedést, s ezek mellett sok különböző méretű és eloszlású gázzárvány üreget is megmutatott a verőlap öntvényekben.

A minták által képviselt öntött verőlapok nem alkalmasak a szénmalmok erős dinamikus és fárasztó igénybevételeinek elviselésére.



13. ábra. A H jelű öntvény egyik belső melegrepedése (N=50x, maratlan)

2. táblázat. Az öntvénytöredékeken mért keménység értékei

Töredék jele	Keménység szélső értékei		Megjegyzés
	HV30	HRC	
1.	644 - 741	57,5 - 61,8	felületen
2.	700	60,1	felületen
3.	700 - 710	60,1 - 60,5	felületen
4.	562 - 652	53,5 - 57,9	felületen
H	554 - 610	52,6 - 55,7	keresztmetszetben
HK	550 - 618	52,3 - 56,1	keresztmetszetben hőkezelés után
L	331 - 402	33,4 - 41,0	keresztmetszetben

Nyomásos öntőszerszám hűtéstechnikai viszonyainak vizsgálata

A szerszámbetét hűtőcsatornáiban áramoltatott folyadékkal történő temperálással az öntési ciklus során kialakuló hőegyensúly rövid idő alatt biztosítható. A nem megfelelő hűtés a szerszám hőegyensúlyának felborulásához, az öntvényminőség romlásához, a szerszámbetét élettartamának csökkentéséhez és visszafordíthatatlan termelékenységszökkenéshez vezet. A hűtőkörök tervezésének és működésének elméleti vizsgálata mellett nagy jelentősége van a nyomásos öntőszerszámba beépített hűtőrendszerrel ténylegesen elvezetett hőmennyiségek meghatározásának és kiértékelésének. A szerzők egy AlSi9Cu3 ötvözetből öntött lapöntvény szerszáma hűtőrendszerének működését vizsgálják különböző hűtési paraméterek esetén. A hűtőfolyadék szerszámba belépő és abból kilépő hőmérsékletének, valamint térfogatáramának mérési eredményei alapján meghatározzák a hűtőkörökhöz tartozó hőmennyiségeket, és javaslatot tesznek a hűtőrendszer optimális működtetésére. A kutatómunka eredményei a nyomásos öntvények hűtőrendszerének tervezéséhez és a helyes működtetés beállításához használhatók.

1. Bevezetés

A kutatómunka célja a nyomásos öntőszerszám hűtéstechnikai viszonyainak vizsgálata, a hőegyensúly biztosításához szükséges hűtőcsatorna hosszának a meghatározása különböző öntéstechnikai és hűtéstechnikai paraméterek és eltérő hűtőközegek alkalmazása esetén. A dolgozat az ARGE Metallguss, Aalen által a nyomásos öntőszerszámok hűtőköreinek tervezésére kidolgozott program alkalmazásával mutatja be a hűtőkörök méretezését befolyásoló tényezők hatását [1, 2].

Az öntéstechnikai és hűtéstechnikai pa-

ramétereknek az ipari gyakorlatban alkalmazott tartományaihoz tartozó számítások elvégzésével lehetővé vált a hűtőrendszer működésének olyan vizsgálata, amelynek segítségével a hőegyensúlyt biztosító hűtőcsatorna mérete és az azt befolyásoló paraméterek közötti összefüggések meghatározhatók.

A nyomásos öntés hőtechnikai problémái a tervezés és az üzemi alkalmazás oldaláról is megközelíthetők. A nyomásos öntőszerszám elkészítésének fontos része az adott gyártási paraméterek és elérni kívánt öntvénytulajdonságok figyelembe vétele mellett a hőegyensúly biztosításához szükséges

hűtőcsatorna-rendszer megtervezése.

A hűtőcsatornában áramoltatott hűtőközeg által a szerszámból a ciklusidő alatt kivett hőmennyiségnek az öntvény által bevitt összes hőmennyiséghez viszonyított aránya nagy mértékben befolyásolja az öntvény minőségét, a szerszám élettartamát és a termelékenységet.

Adott hűtőcsatorna-rendszerrel annak geometriai viszonyai, valamint a hűtőközeg áramlási és hőfizikai jellemzői alapján meghatározott hőmennyiséget lehet a szerszámból kivenni. Nem megfelelően tervezett hűtőcsatorna-rendszer esetén az üzemi gyártás csak a hatékonyság csökkenése mellett végezhető.

2. A hűtéstechnikai viszonyok meghatározása

A kutatómunka keretében AlSi9Cu3 ötvözetből gyártott nyomásos öntvény esetén a hőegyensúlyhoz szükséges hűtőcsatorna hosszának meghatározását végeztük el különböző öntéstechnikai és hűtéstechnikai paraméterkombinációkhoz.

A nyomásos öntőszerszámok hűtését gyakran a szükséges mérnöki tervezés elvégzése nélkül, a geometriai és szerszámgyártási körülményekhez igazodóan készítik el. Üzemi körülmények között a nyomásos öntőszerszám hűtése az egyik legkevésbé felügyelt szakterületnek mondható. Ilyen esetben az öntvény gyártása közben a hőtranszportfolyamat egyensúlyát a hűtőfűtő készülék működtetésének optimalizálásával és a leválasztóanyag mennyiségének hozzáigazításával igyekeznek megoldani.

Az elvégzett vizsgálatok feladata adott öntvénytömeg esetén a hűtőcsatorna szükséges hosszának a meghatározása és annak megállapítása, hogy az egyes befolyásoló paraméterek mennyiben változtatják meg a hűtési viszonyokat és a hőegyensúlyhoz tartozó hűtőcsatorna hosszát. A számítási eredmények segítik a szerszámba beépítésre kerülő hűtőcsatornák méretezésének és a hűtőközeg kiválasztásának a

Juhász Borbála a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán 2009-ben szerzett metallurgia-öntésvet szakirányos és energiagazdálkodás ágazatos kohómérnöki oklevelet. Hallgatóként aktívan bekapcsolódott mindkettő képzési terület tanszéki kutató munkájába és több TDK dolgozatot készített.

A XXIX. Országos Tudományos Diákköri Konferencia Műszaki Tudományok Szekció Képlekenyalakítás és kohászati technológiák tagozatában a „Nyomásos öntőszerszám hőtechnikai viszonyainak vizsgálata” című dolgozatával első helyezést ért el és kiemelt különdíjat kapott. Kiemelkedő tanulmányi munkája, TDK-tevékenysége és szakmai eredményei alapján 2009-ben elnyerte az Országos Tudományos Diákköri Tanács által alapított Pro Scientia Aranyérem kitüntetését. 2009. szeptember 1-jétől a Kerpely Antal Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola nappali tagozatos doktorandusz hallgatója.

Dúl Jenő a díjnyertes TDK-dolgozat konzulense. Életrajzát a BKL Kohászat 2007. 6. számában ismertettük.

Szabó Richárd a díjnyertes TDK-dolgozat üzemi konzulense. Életrajzát a BKL Kohászat 2007. 6. számában ismertettük.

gyakorlati alkalmazását. Az öntéstechnikai és hűtéstechnikai paramétereknek az ipari gyakorlatban alkalmazott tartományaihoz tartozó számítások elvégzésével lehetőség nyílt a hűtőrendszer működésének olyan vizsgálatára, amelynek segítségével a hőegyensúlyt biztosító hűtőcsatorna méretek és a befolyásoló paraméterek közötti összefüggések meghatározhatók.

3. A hűtőkörök főbb paramétereinek meghatározása

Az ARGE nyomásos öntészeti tervező program használatához szükséges az öntés során alkalmazott ötvözet (AlSi9Cu3) és a szerszámanyag megválasztása. A számításokat olaj, hideg és forró víz hűtőközegekre végeztük el, a szerszámbetét anyaga 2343-as, melegsziárd, hőálló acél volt. A hőfizikai adatokat táblázatokban adjuk meg [1].

Az 1. táblázat a szerszámbetét fontosabb fizikai tulajdonságait mutatja.

A 2. táblázat a nyomásos öntészeti ötvözetek fontosabb fizikai tulajdonságait foglalja össze.

A 3. táblázat a szintetikus hőszállító olaj fontosabb fizikai tulajdonságait mutatja a hőmérséklet függvényében.

A 4. táblázat adatai az ásványi olaj különböző hőmérsékletekhez tartozó egyes fizikai tulajdonságait mutatják.

A ciklusidő, az öntési, a kidobási, valamint a szerszámhőmérséklet együttesen alkotják az öntési paramétereket. A számításokhoz használt öntési paraméterkombinációkat az 5. táblázat, a hűtőkörök paramétereit a 6.a., a 6.b. és a 6.c. táblázat tartalmazza.

Olaj, hideg- és forróvízes hűtőkörök esetében is öt különböző számítást végeztünk el, az üzemi gyakorlati paramétereket 20–60%-kal csökkentve, illetve megnövelve. A hűtőkörök méretezésénél használható gyakorlati értékeket vastagon kiemelve jelöltük. Minden számításnál csak egy paramétert változtattunk, a többinek az üzemi gyakorlati értékét használtuk.

Az ARGE nyomásos öntészeti tervező program hőtechnikai moduljának felhasználásával elvégzett számításokat 1 kg tömegű, AlSi9Cu3 ötvözetből öntött öntvényre végeztük el.

A számítás menetét a 7. ábrán látható olajhűtés esetére az üzemi gyakorlati paraméterek alkalmazásával szemléltetjük.

1. táblázat. A szerszámbetétanyagok fizikai tulajdonságai

Tulajdonságok	Szerszámanyagok	
	2 343	2 707
Hővezető képesség, W/mK	28	21
Sűrűség, kg/m ³	7 760	8 000
Fajlagos hőkapacitás, J/kgK	460	420

2. táblázat. Nyomásos öntészeti ötvözetek fizikai tulajdonságai

Tulajdonságok	Ötvözetek		
	AlSi9Cu3	AlSi10Mg	AlSi12
Hővezető képesség, W/mK	110	110	110
Sűrűség, kg/m ³	2 420	2 420	2 420
Fajlagos hőkapacitás, J/kgK	1 070	1 070	1 070
Olvadáshő, J/kg	500 000	526 000	563 000

3. táblázat. A szintetikus olaj fizikai tulajdonságai a hőmérséklettől függően

Tulajdonságok	Hőmérséklet, °C				
	50	100	150	200	250
Hővezető képesség, W/mK	0,128	0,123	0,118	0,113	0,108
Sűrűség, kg/m ³	1009	974	939	904	869
Fajlagos hőkapacitás, J/kgK	1,67	1,84	2,03	2,21	2,38
Prandtl-szám	125	43	25	17	13

4. táblázat. Az ásványi olaj fizikai tulajdonságai a hőmérséklettől függően

Tulajdonságok	Hőmérséklet, °C		
	100	150	200
Hővezető képesség, W/mK	0,128	0,124	0,12
Sűrűség, kg/m ³	816	974	754
Fajlagos hőkapacitás, J/kgK	2,3	2,51	2,72

5. táblázat

Öntési paraméterek						
Ciklusidő	[s]	40	45	50	55	60
Öntési hőmérséklet	[°C]	600	620	640	660	680
Kidobási hőmérséklet [°C]	[°C]	250	275	300	325	350
Szerszám hőmérséklete [°C]	[°C]	200	225	250	275	300

6.a. táblázat

Hűtőkör paraméterei		Hűtés olajjal				
Hűtőkörök átmérője	[m]	0,008	0,01	0,012	0,014	0,016
Kontúrfelülettől való távolság	[m]	0,01	0,0125	0,015	0,0175	0,02
Hűtőközeg hűtőcsatornába lépő hőmérséklete	[°C]	100	125	150	175	200
Hűtőközeg térfogatárama a hűtőcsatornában	[l/h]	600	900	1200	1500	1800

6.b. táblázat

Hűtőkör paraméterei		Hűtés hideg vízzel				
Hűtőkörök átmérője	[m]	0,008	0,01	0,012	0,014	0,016
Kontúrfelülettől való távolság	[m]	0,02	0,025	0,03	0,035	0,04
Hűtőközeg hűtőcsatornába lépő hőmérséklete	[°C]	20	30	40	50	60
Hűtőközeg térfogatárama a hűtőcsatornában	[l/h]	120	180	240	300	360

4. Az ARGE nyomásos öntészeti mérnöki tervezőprogram

A programot az ARGE Metallguss, Aalen fejlesztette ki. MS-DOS környezetben működik, segítségével a tervezéshez szükséges adatok bevitelére után a hőmennyiségek számítása és a hűtőfuratok kiválasztott paraméterének értéke határozható meg a többi paraméter megadásánál [2].

A számításokat 1 kg tömegű öntvényre, az álló szerszámfélre, 50%-os tömeg- és hőmennyiségarány figyelembevételével végeztük el. A hűtőkör számított paraméterének a hűtőcsatorna hosszának meghatározását választottuk.

A programban megadott és számított adatokat a 7. táblázat tartalmazza.

A forróvízes hűtést zárt rendszerű, nyomás alatt működő hűtő-fűtő készülékkel végzik. Ilyen készülékeket egyre nagyobb számban alkalmaznak a nyomásos öntészetben [3].

5. A hűtőcsatorna szükséges hosszának számítási eredményei

A 120 változatra elvégzett számítás eredményeit diagramokban dolgoztuk fel.

6. Az öntési paraméterek változtatásának hatása a hűtőcsatorna szükséges hosszára

A ciklusidő változtatásának hatását az 1. ábra mutatja. Látható, hogy minél hosszabb a ciklusidő, annál több idő áll rendelkezésre ugyanannyi hőmennyiség elvezetésére, tehát rövidebb hűtőcsatorna elegendő. Rövidebb ciklusidő esetén a hűtőközeg kilépő hőmérséklete nagyobb, mivel kevesebb idő áll rendelkezésre a hőmennyiség elvezetésére, ezért hosszabb hűtőcsatorna szükséges.

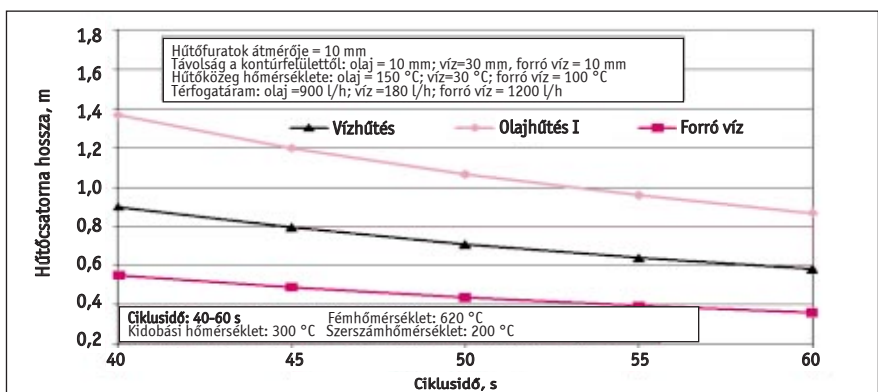
A szerszám hőmérsékletének hatását a 2. ábra mutatja. A 2. ábra alapján megállapítható, hogy a hűtőcsatorna hossza a szerszám hőmérsékletének növelésével csökken. A szerszám hőmérséklete alatt a hűtőcsatorna falának a hőmérsékletét értjük. Abban az esetben, ha a hűtőcsatorna környezetében a szerszám hőmérséklete nagyobb, akkor nagyobb a szerszám és a hűtőközeg hőmérséklete közötti különbség, azaz intenzívebb a felületegységre vonatkozó hőátadás, tehát kisebb felület szükséges, azaz rövidebb hűtőcsatorna is elegendő.

6.c. táblázat

Hűtőkör paraméterei		Hűtés forró vízzel				
Hűtőkörök átmérője	[m]	0,008	0,01	0,012	0,014	0,016
Kontúrfelülettől való távolság	[m]	0,01	0,0125	0,015	0,0175	0,02
Hűtőközeg hűtőcsatornába lépő hőmérséklete	[°C]	100	110	120	130	140
Hűtőközeg térfogatárama a hűtőcsatornában	[l/h]	900	1200	1500	1800	2100

7. táblázat. Az öntészeti mérnöki tervezőprogram választott és számított adatai

Szerszám adatok		
A szerszám anyaga		2343
A szerszám magassága	[m]	0,4
A szerszám szélessége	[m]	0,3
Az álló szerszámfél vastagsága	[m]	0,15
A mozgó szerszámfél vastagsága	[m]	0,30
Öntvény adatok		
Az ötvözet típusa DIN 226		AlSi9Cu3
Az öntvények száma a szerszámban		1
A nyersöntvény tömege	[kg]	1,0
Öntési paraméterek (választott)		
A ciklusidő	[s]	40
Az öntési hőmérséklet	[°C]	620
A kidobási hőmérséklet	[°C]	300
A szerszám hőmérséklete	[°C]	200
A szerszám hőmérséklete (számított)		
A ciklusonként elvezetendő hőmennyiség	[J]	905 400
A konvektív és sugárzási hővesztés ciklusonként	[J]	31 050
A hűtőrendszeren keresztül elvezetendő hőmennyiség	[J]	874 350
A teljes szükséges hűtési teljesítmény	[W]	21 859
Hűtőcsatorna tervezés		
Az álló szerszámfélre jutó hőmennyiség aránya	[%]	50
A szükséges hűtőteljesítmény	[W]	10 929
Hűtőközeg		olaj
Hűtési paraméterek (választott)		
Hűtőkörök átmérője	[m]	0,01
Kontúrfelülettől való távolság	[m]	0,01
A hűtőcsatornába belépő hűtőközeg hőmérséklete	[°C]	150
A hűtőközeg térfogatárama a hűtőcsatornában	[l/h]	900
Számított eredmények		
A hűtőcsatorna hossza	[m]	1,471
A hűtőközeg kilépő hőmérséklete	[°C]	173
A szerszám hőmérséklete a hűtőkör falánál	[°C]	245



1. ábra. A ciklusidő változtatásának hatása a hűtőcsatorna szükséges hosszára

A kidobási hőmérséklet változtatásának hatását a 3. ábra mutatja. Látható, hogy minél nagyobb a kidobási hőmérséklet, annál kevesebb hőt ad át az öntvény a szerszámnak. Ezáltal kisebb hőátadó felület szükséges, tehát rövidebb hűtőcsatorna is elegendő mind víz-, mind olajhűtés esetében. A kidobási hőmérséklet nem változtatható korlátlanul, jelentős szerepe van az öntvény hibamentes előállításában. Változása az öntvény különböző tulajdonságait befolyásolja.

Az olvadék hőmérsékletének hatása a 4. ábrán látható. Az alumíniumolvadék hőmérséklete 600–680 °C között változik, ez rendkívül csekély hőmennyiség-változást jelent. Tehát a fém hőmérséklete jelentéktelen hatást gyakorol a hűtőcsatorna hosszára.

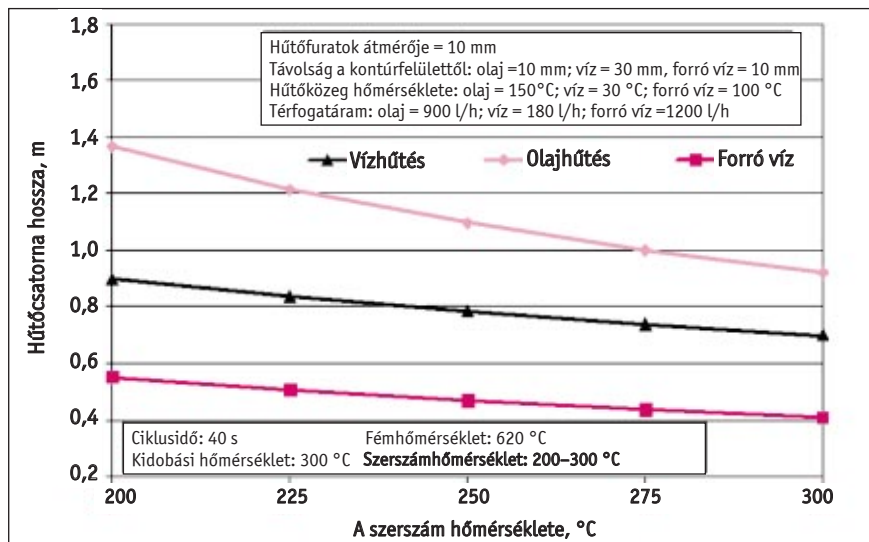
A fentiek alapján megállapítható, hogy az öntési paraméterek közül a ciklusidő és a szerszámhőmérséklet befolyása jelentős. A választott paraméterkombinációk esetén forró vizes hűtésnél a legkisebb a hűtőcsatorna szükséges hossza. A hideg vízzel történő hűtés forró vizes hűtésnél nagyobb csatornahosszának oka az alkalmazott kis térfogatáram.

7. A hűtési paraméterek változtatásának hatása a hűtőcsatorna szükséges hosszára

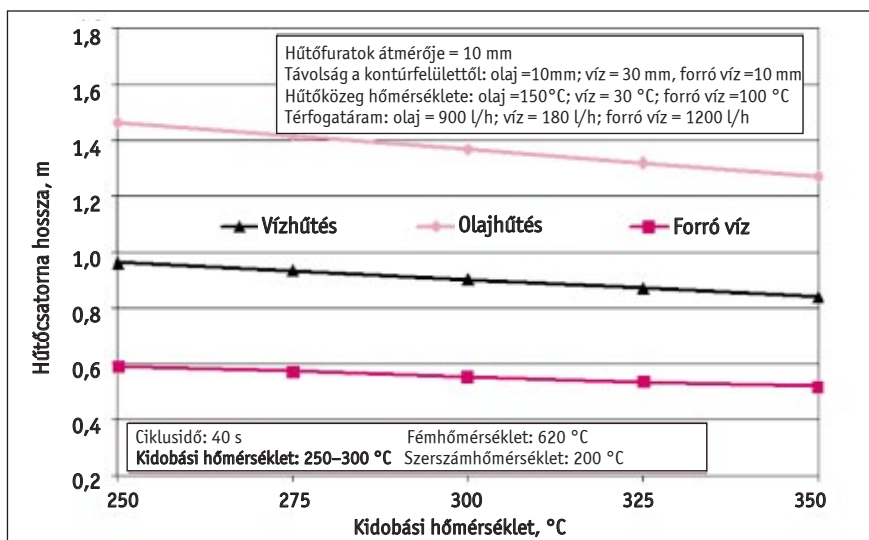
A hűtőcsatorna-átmérő változtatásának hatását a 5. ábra mutatja. Nagyobb hűtőcsatorna-átmérő és azonos térfogatáram mellett a folyadék áramlási sebessége lecsökken, aminek következményeként a hűtőcsatorna falánál megnő a szerszám hőmérséklete. A hűtőcsatorna szükséges hossza olajhűtés esetén jelentősen, hidegvizes hűtés esetén kismértékben megnő, forróvizes hűtés esetén pedig csökken. A különböző eredmények a hűtőközegek eltérő fajlagos hőkapacitásával és térfogatáramával, valamint az eltérő áramlási sebességekkel magyarázhatók.

A hűtőcsatorna kontúrfelülettől mért távolságának változtatása a 6. ábrán látható hatással bír.

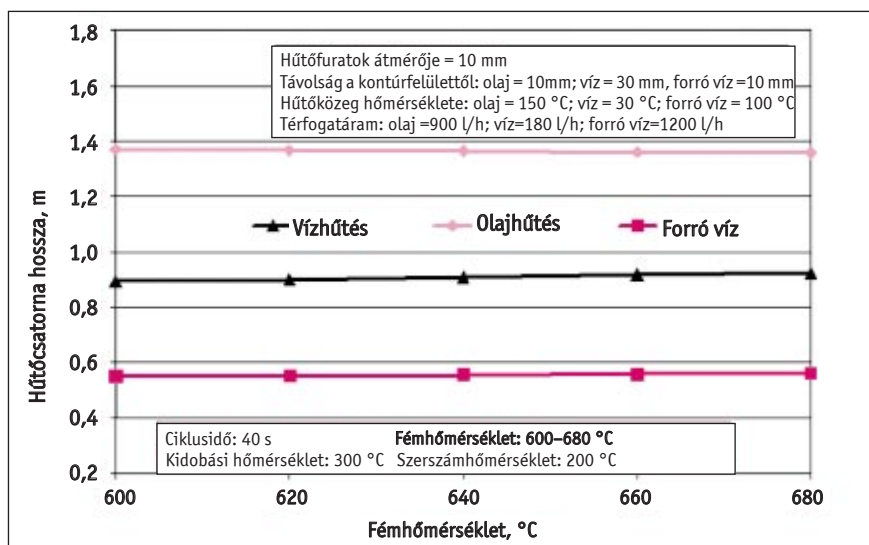
Hőszállító olajjal és forró vízzel történő hűtés esetén a hűtőfuratok közel vannak a kontúrfelülethez, hideg vízzel történő hűtés esetén pedig távolabb. Nagyobb távolság esetén kisebb a hűtőcsatorna falánál a szerszám hőmérséklete, ezáltal kisebb a szerszám és a hűtőközeg hőmérsékletének különbsége, azaz kevésbé intenzív a felületegységre vonatkozó hőátadás, tehát nagyobb felület alkalmazása, azaz hosszabb hűtőcsatorna szükséges.



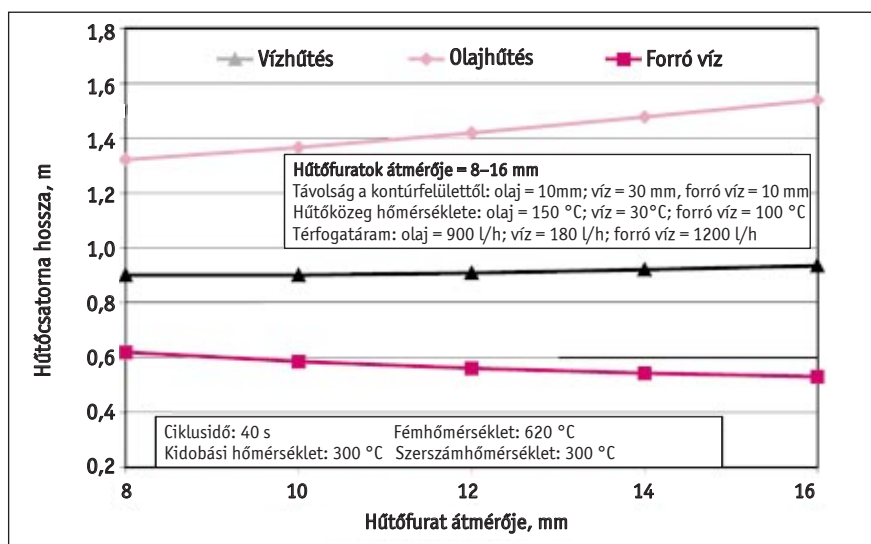
2. ábra. A szerszámhőmérséklet változtatásának hatása a hűtőcsatorna szükséges hosszára



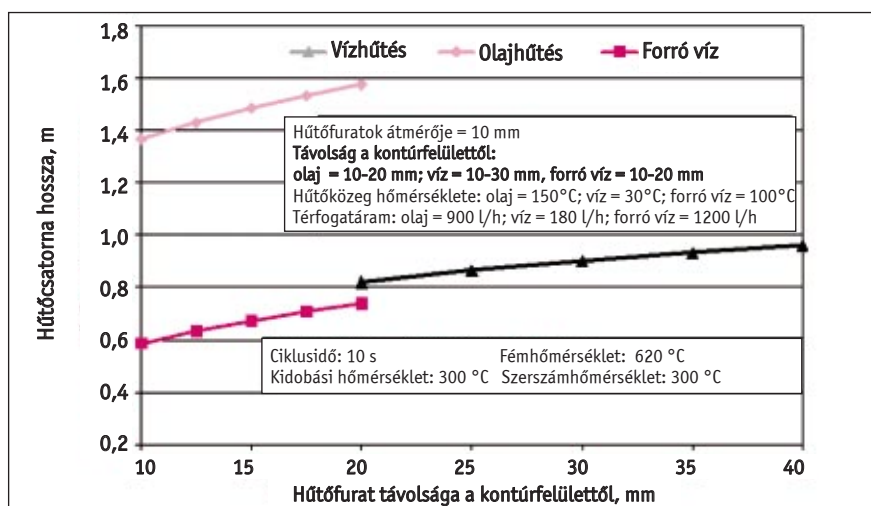
3. ábra. A kidobási hőmérséklet változtatásának hatása a hűtőcsatorna szükséges hosszára



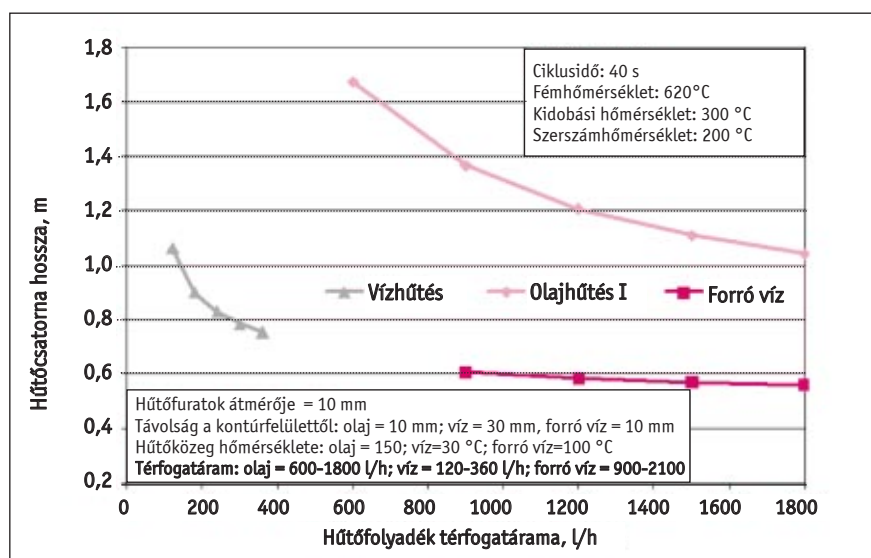
4. ábra. Az olvadék-hőmérséklet változtatásának hatása a hűtőcsatorna szükséges hosszára



■ 5. ábra. A hűtőcsatorna-átmérő változtatásának hatása a hűtőcsatorna szükséges hosszára



■ 6. ábra. A hűtőcsatorna kontúrfelületről mért távolságának hatása a hűtőcsatorna szükséges hosszára



■ 7. ábra. A hűtőfolyadék térfogatáramának változtatásának hatása a hűtőcsatorna szükséges hosszára

A hűtőfolyadék térfogatáramának változtatásának hatását a 7. ábra mutatja. A térfogatáram zárt rendszerű olaj- és forróvízes hűtésnél a keringtető szivattyú teljesítményétől és a hűtőcsatorna áramlási ellenállásától függ. Ezekben az esetekben a térfogatáram változtatása csak más szállítási teljesítményű készülékkel oldható meg. A térfogatáram csökkentését az egykörös hűtő-fűtő készülék által keringtetett folyadék elágaztatása (egyik ágat az álló, másikat a mozgó szerszámfélhez kapcsolják) teszi lehetővé.

A hűtő-fűtő készülék szivattyújának szállítási teljesítményéről csak az üresjáratú viszonyokra közöl adatot a készülék katalógusa. Az adott szerszámban kialakuló térfogatáramról csak az erre vonatkozó mérésekből tájékozódhatunk. A térfogatáram növelésével a hűtőcsatorna környezetében csökken a szerszám hőmérséklete, ezért az olajjal és a hideg vízzel működő hűtőkör esetében jelentős mértékben, míg a forró vízzel működő hűtőkör esetében csak elenyésző mértékben csökken a hűtőcsatorna hossza.

A hűtőfolyadék belépő hőmérséklete változtatásának hatása a 8. ábrán látható.

Az ábra alapján megállapítható, hogy minél nagyobb a hűtőfolyadék belépő hőmérséklete, annál nagyobb a hűtőcsatorna környezetében a szerszám hőmérséklete, és annál kevésbé intenzív a hőelvonás. Tehát nagyobb felületre van szükségünk ugyanannak a hőmennyiségnek az elvezetéséhez, azaz hosszabb hűtőcsatorna szükséges.

Olajhűtés esetén gyakori az a megoldás, hogy a szerszámot 200 °C-os olajjal felfűtik, majd az olajat 100 °C-ra visszahűtve keringtetik tovább a hűtőcsatornában. Az olaj hőmérsékletének ilyen mértékű csökkentése esetén harmadával csökken a hűtőcsatorna szükséges hossza, vagyis ugyanazt a hőmennyiséget harmadával rövidebb hűtőcsatorna alkalmazásával lehet kivenni a szerszámból [5].

8. A paraméterek változtatásának hatása a hűtőcsatorna szükséges relatív hosszára

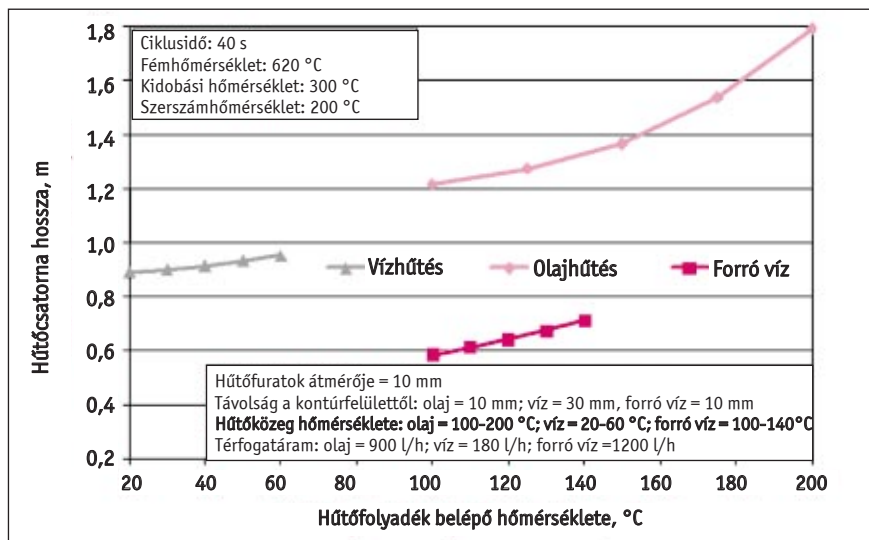
A különböző öntés- és hűtéstechnikai paraméterek alapján meghatározott hűtőcsatorna-hosszúság relatív változását határoztuk meg az üzemi gyakorlati paraméterekhez (ezekhez tartozott a 100%) viszonyítva. Ezzel kimutatható az adott paraméter változásának relatív hatása, így az adott paraméter szerepének jelentősége megítélhető és összehasonlítható.

1 kg tömegű nyomásos öntvény öntése esetén az egyik szerszámfélben levő hűtőcsatorna szükséges hosszának az öntési és hűtéstechikai paraméterektől függő relatív változása azt mutatja, hogy az öntési paraméterek közül a ciklusidőnek és a szerszám hőmérsékletének a szerepe jelentős, valamint azt, hogy a hűtéstechikai paraméterek közül a hűtőfolyadék térfogatárama játszik nagy szerepet [4-5].

Üzemi viszonyok között ezek a leginkább változó paraméterek, ezért ezek folyamatos felügyelete számítógépes adatgyűjtő rendszerrel indokolt.

9. Összefoglalás

Napjainkban a nyomásos öntvényekkel szemben támasztott követelmények egyre nagyobbak. A felhasználók vékonyabb falú, nagyobb szilárdságú, kevés megmunkálást igénylő, olykor hőkezelhető öntvényeket kívánnak meg a gyártótól. A nyomásos öntési eljárásnak meg kell felelnie az öntvény felhasználhatósága szempontjából legfontosabb minőségi követelményeknek, amelyek teljesítését a hőmérséklet-viszonyok nagymértékben befolyásolják. A szerszám hőegyensúlyának biztosítása csak jól méretezett és jól működött, felügyelettel ellátott hűtő-fűtő rendszerrel oldható meg.



■ 8. ábra. A hűtőfolyadék belépő hőmérsékletének hatása a hűtőcsatorna szükséges hosszára

Irodalom

- [1] Beck, G. – Klein, F.: Experimentelle Erfassung der Gesamtwärmehaushaltes beim Vergießen von Aluminium Druckgusslegierungen. 16. Aalener Symposium, 3-4 Mai 1996
- [2] Beck, G. – Lackó T.: A nyomásos öntőszerszámok hőháztartás számításának gyakorlati alkalmazása. BKL Kohászat, 1993. (126. évf.) 10-11. sz. 373-377. old.
- [3] Dúl J. – Szabó R. – Simcsák A.: A szer-
- számhőmérsékleti viszonyok hatása a nyomásos öntvények tulajdonságaira. BKL Kohászat, 2007. (140. évf.) 6. sz. 22-25. old.
- [4] Helenius, R. és tsai: The heat transfer during filling of a high-pressure die-casting shot sleeve. Materials Science and Engineering: A, Volumes 413-414, 15 December 2005, P 52-55
- [5] Wallace, J. F. – Schwam, D. – Feng, S.: Beurteilung von Kühlvorrichtungen für Druckgussformen. DRUCKGIESS-PRA-XIS, 2004/03, S 141-146.

■ ÜZEMI HÍREK

Az újpesti telephelyű Euro Metall Kft. nagy teljesítményű kupolókemencéi károsanyag-kibocsátásának jelentős csökkenésére sikeres környezetvédelmi beruházást hajtott végre.

Az Euro Metall Kft. árbevétele alapján jelenleg az egyik legjelentősebb vasöntőde Magyarországon. A német DIHAG öntődei csoport és a MÁV Zrt. vegyesvállalataként működő Társaság a MÁV és más magyarországi és európai vasútüzemek, vasúttársaságok, valamint a gépipar részére gyárt öntvényeket. A társaság jelenleg 10 európai országba szállítja termékeit, az export aránya 40-50 %.

A cég korábbi fejlesztési tervei szerint telepített új környezetvédelmi berendezést meglévő technológiájához, termelőberendezéseihez. 2009 közepén egy, a nemzetközi elvárásoknak is megfelelő, modern, új porleválasztó berendezést szereltek fel mintegy 100 Mft értékben, melynek üzembe helyezése 2009. augusztus 31-ig meg is történt.

Ezzel a berendezéssel az Euro Metall a hidegszeles kupolókemencét üzemeltető európai öntődek között a legmodernebb környezetvédelmi technológiát valósítja meg, zárt rendszerben vezetik el a kupolókemencék füstgázát. Az olvasztóke-

mencék füstgázában a por-, a szén-monoxid és szén-dioxid, valamint a kén- és nitrogén-oxid tartalom nem haladja meg a környezetvédelmi határértéket. Ami a környékbeli lakók számára különösen fontos, a füstgázok teljesen szagtalanok, és a porkibocsátás kevesebb lett, mint korábban, annak ellenére, hogy eddig is lényegesen a kibocsátási határérték alatt volt.

A sikeres beruházáshoz ezúton is gratulálunk, és további szakmai sikereket kívánunk az öntöde kollektívájának.

Dr. Hatala Pál

Fennállásának 60. évfordulóját ünnepelte az AKG Alföldi Kohászati és Gépipari Zrt.

Az Orosházán acélöntödét is működtető AKG Alföldi Kohászati és Gépipari Zrt. idén ünnepelte fennállásának 60. évfordulóját.

A mára 100%-ban magyar tulajdonú társaság jogelődje a Nagy István és Fiai, valamint a Dimák József Gépműhely államosításával jött létre 1949-ben. 1953-ban csatolták a vállalathoz a Kalocsai Ferenc Vasöntöde és Gépműhelyt, így már Orosházi Vasipari és Mechanikai Vállalat néven folytatta tevékenységét.

Elődeink már akkor a megmunkált, esetenként késztermékbe szerelt öntvénygyártást tekintették fő üzleti célnak. Saját terméke volt a vállalatnak a párhuzamsatu és a hordozható cserépkályha. Ez utóbbi csempeit, nikkelezett kereteit és öntvényelemeit is a vállalat készítette. 1954-ben a vállalat 265 t öntvényt állított elő, létszáma 113 fő, tanulóinak száma 21 fő volt. Termelési értéke meghaladta a 4 M Ft-ot, nyeresége elérte az 1,1 M Ft-ot. Fontos volt a vállalat számára a termék- és technológiafejlesztés és a kooperációs együttműködések bővítése.

1969. január 1-jétől az addig tanácsai vállalat – leadva a gyomai gyáregységét – az Országos Kőolaj- és Gázipari Tröszt (OKGT) önálló gépgyáraként Alföldi Kőolaj és Gázipari Gépgyár néven folytatta működését, megtartva az öntvénygyártási profilt is. Az új kapcsolat jelentős fejlesztéseket eredményezett, 1975-re az árbevétel 80 M Ft-ra, az eredmény 3,7 M Ft-ra, a létszám 395 főre nőtt.

A termékfejlesztés eredményeképpen 1970-ben a satugyártást, 1972-ben a csempekályhagyártást befejezték, s elkezdtek az ÉTI típusú gázkazánok, majd a vasöntvényházas hengeres- és laposházú éktolózárok gyártását. Megindult az olajiparhoz kapcsolható termékek (vízzárak, vízgyűjtők, öntött csatlakozók, pb-nyomáscsökkentők, gázkazántelegek, KPE csőhegesztők stb.) fejlesztése és gyártása. Eredményeként 1980-ban az árbevétel 150 M Ft, a létszám 425 fő, a gyártott vasöntvény 2 253 t volt.

1980-ban kezdődött az 5 000 t/év kapacitású acélöntöde telepítése, ezzel együtt megváltozott a vállalat elnevezése is, Alföldi Kőolajipari Gépgyár néven működött tovább. 1991. június 1-jén levált az OKGT-ről és közvetlenül az Ipari és Kereskedelmi Minisztériumhoz került. A cég életében újabb mérföldkő volt 1992. június 30. E napon az Állami Vagyoniügynökség (ÁVÜ) döntése értelmében, Alföldi Kohászati és Gépipari Zrt. néven, 498 M Ft jegyzett tőkével zártkörű részvénytársasággá alakult. A privatizáció egy 1995. március 8-i ÁVÜ határozattal történt meg, amikor az rt. részvényeinek 87,36%-át egy német-magyar tulajdonosi kör vásárolta meg. Ma a cég részvényeinek 100%-a magyar tulajdonban van.

Az OKGT-ről történt leválás, az új tulajdonosi kör és a megváltozott gazdasági helyzet jelentősen megváltoztatta a cég

termékszerkezetét. Az alapstratégiánk azonban nem változott, mely szerint továbbra is az előnagyt vagy készre munkált öntvényalapú termékgyártást tekintjük feladatunknak. A szerelvénygyártás mellett vasúti és földmunkagépek öntvényeinek gyártása, ill. energetikai, építészeti célú öntvények gyártása történik napjainkban. Új profilként jelent meg a Németországból áttelepített speciális armatúra gyártása.

Az elmúlt 15 évben jelentősen nőtt a vállalat exportja, termékeink több mint 60%-át közvetlenül nyugat-európai piacokon értékesítjük. Visszatérő vevőként olyan neves cégek vásárolják termékeinket, mint a Shell, a Bombardier, a General Electric, az Ansaldo-Breda, a Tyco Valves és a Siemens. Árbevételünk eléri a 2 500 M Ft-ot.

A magas vevői elvárásokat csak folyamatos technikai, technológiai, minőségügyi és humán fejlesztéseink révén tudjuk kielégíteni, csak így tudjuk megtartani a cég 172 dolgozójának biztos munkahelyét, hiszen az ő magas szintű szakmai felkészültségük, lojalitásuk, és nem utolsósorban tulajdonosaink segítő szándéka jövőbeni fejlődésünk záloga.

Tisztelt olvasó, találkozunk a www.akgrt.hu honlapunkon, ahol a képgalériánkat és az ünnepségünkről készült felvételeket is megtekinthetik.

Gál Imre
vezérigazgató



■ **1. kép.** Német megrendelésre gyártott pályaudvari tartószerkezet acélöntvényei



■ **2. kép.** Az öntvényekkel készült üvegcsarnok

TÓTH PÁL – TÖRÖK TAMÁS

Anódos titán-dioxid vékonyrétegek: vizsgálat, modellezés és fejlesztés

Az anódos titán-dioxid rétegek felhasználási területe rendkívül széles. Az anodizációs technikát használják rezisztív gázszenzorok szenzorrétegének felvitelére, a víztisztításban katalizátorok felületkezelésére, az orvostudományban titán implantátumok felületének passzíválására, a biokompatibilitás feltételeinek javításához. Munkánkban összefoglaltuk a titán alapú szubsztrátok tulajdonságaival, a titán-dioxid vékonyrétegek kialakulásának mechanizmusával és tulajdonságaival (elektromos, optikai, mechanikai) kapcsolatos legfontosabb irodalmi adatokat. Az irodalmi ismereteket figyelembe véve vizsgáltuk a titán-dioxid vékonyrétegek tulajdonságait két mérési sorozattal, egy esetben savas, egy esetben lúgos elektrolitot használva. Meghatároztuk a réteg vastagságát (SE), a réteg morfológiáját (SEM), a kristályszerkezetet (XRD) és a réteg optikai tulajdonságait (SE). A mérési eredmények alapján modelleztük a teljes folyamatot. A modellt egy kinetikai és egy optikai modul alkotja. Célunk a modellezéssel az volt, hogy lehetővé váljon a titán-dioxid vékonyrétegek üzemszerű tervezése és ellenőrzése.

1. Bevezetés

A titán felhasználási területeit előnyös tulajdonságai határozzák meg. Szilárdsági jellemzői nem rosszabbak a szerkezeti acélokénál, azonban azoknál sűrűsége miatt könnyebb, korrózióállósága pedig jobb. Kereslete a 20. század második felében ugrásszerűen nőtt, elsősorban a high-tech gépgyártás területére való betörése miatt [1].

A titán jó korróziós tulajdonságainak oka – többek között az ugyancsak nagy ké-

miai reakcióképességgel rendelkező alumíniumhoz hasonlóan – a korróziót kinetikailag gátolni képes tömör, passzív felületi oxidréteg. A titán oxidjai közül a természetben leggyakrabban a titán(IV)-oxid, azaz a titán-dioxid (TiO_2) fordul elő. A titán egyéb oxidjai közül a monoxid (TiO) és a korund szerkezetű Ti_2O_3 a fémtitán és a TiO_2 nagy hőmérsékletű (1 500 °C feletti) reagáltatásával állítható elő. Az instabil TiO_4 és TiO_6 a vékonyréteg-technikában használt vegyületek. Egyszerű oxidjai egyben a legfontosabb ércalkotó ásványai is,

melyekből legelterjedtebben a kénsavas lúgást követő klórozás termékének redukálásával állítják elő a fém titánt [2].

A titán-dioxid leggyakoribb, a természetben stabil allotróp módosulatai a rutil, az anatáz és a brookit. Az anatáz és a brookit nagy hőmérsékleten, irreverzibilisen a legstabilabb rutillá alakul át [3].

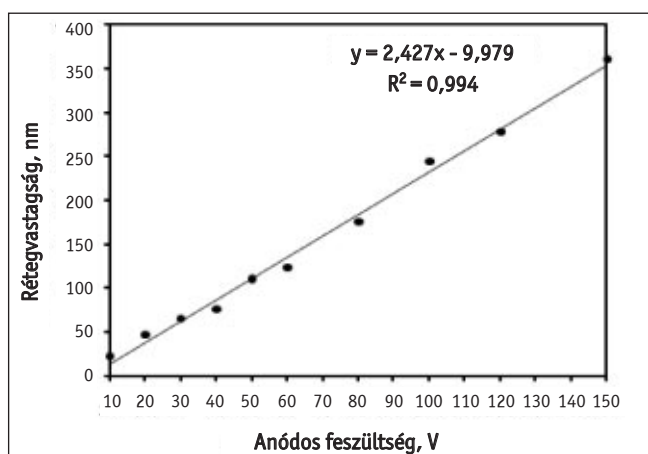
A titánon képződött oxidrétegeket a következőképpen csoportosíthatjuk:

- A titán reaktív fém, így a levegő oxigéntartalmával szobahőmérsékleten reagál. A spontán kialakult oxidrétegek átlagos vastagsága ~20–40 nm, szerkezetük amorf [4].
- A hőmérséklet növelése az oxigénatomok kinetikus energiáját, és ezzel összefüggésben az oxigén titán-oxidban vett diffúziós állandóját is növeli. Oxidáló atmoszférában – legtöbbször levegőben – történő hevítéssel tehát a spontán filmeknél vastagabb, részben kristályos rétegek alakíthatók ki. A rétegvastagság és a kristályosság mértéke elsősorban a hőmérséklettől és a parciális oxigénnyomástól függ, pl. 400 °C hőmérsékleten és normál atmoszférában 50 nm [5, 6, 7].
- A titánt egy elektrokémiai körben anódnak kapcsolva, híg vizes elektrolitot használva, az oxidáció a víz bontásából képződő oxigénnel megy végbe. Ezt anódos oxidációnak, röviden anodizálásnak nevezik. Anódos rétegek esetében a rétegvastagságot felülről az anódos túlfeszültség korlátozza, az elérhető maximális rétegvastagság pedig a feszültség szabályozásától függ. Az átütési feszültség alatt létrehozható max. rétegvastagság 250–300 nm [8, 9].

A titán oxidrétegeinek vastagsága, a titán-oxid tömörsége miatt, az alkalmazott módszertől függetlenül általában nm

Tóth Pál anyagmérnök (BSc), jelenleg a Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karán mesterképzős (MSc) hallgató, és demonstrátor a Metallurgiai és Öntészeti Tanszéken. Köztársasági ösztöndíjas, a legutóbbi (XXIX.) Országos Tudományos Diákköri Konferencián két dolgozattal szerepelt, amelyekkel I. és II. helyezést nyert, és megkapta a Pro Scientia-díjat. Az OMBKE-nek 2009-től tagja.

Dr. Török Tamás az MTA doktora, egyetemi tanár, jelenleg a Miskolci Egyetem Metallurgiai és Öntészeti Tanszékének vezetője. Az egyetemen korábban tizenhét évig dolgozott a fizikai kémiai tanszéken, és ösztöndíjas kutatóként a Kiotói Egyetem kémia tanszékén. Szakmai és oktatói tevékenységében az oldatkémiai (hidrometallurgia), jelenleg a kémiai metallurgiai és egyes felülettechnikai és korróziós területek művelése a meghatározó. Nemzetközi (ASM, TMS) és hazai mérnökegyesületekben (HUNKOR, GTE, MKE) is aktív, az OMBKE-nek 1974-től tagja, jelenleg az Egyetemi Osztály elnöke.



1. ábra. A rétegvastagság a feszültség függvényében

nagyságrendű. A rétegek áttetszősége miatt azok a Newton-féle interferenciajelenséget mutatják, emiatt a 30-300 nm rétegvastagság-tartományba eső filmek élénk színűek, színük pedig egyértelműen függ a rétegvastagságtól.

Az anódos oxidációt, mint felületkezelési eljárást elsősorban a titán orvosi alkalmazásaiban használják, egyrészt az implantátumok biológiai kompatibilitását növelendő, másrészt a színes oxidrétegek a titánból készült alkatrészek – pl. csavarok – jellemző méreteinek egyszerű jelölésére is alkalmasak.

A gyakorlatban használt anódos rétegeket általában dinamikus szabályozású vagy galvanosztatisztikus táplálással képzik, a leggyakrabban alkalmazott elektrolit a foszforsav, a NaCl-oldat és a kénsav. A munkánk során a potenciosztatikus módszerek kinetikáját vizsgáltuk.

2. Célok

A különböző paraméterek mellett kialakított rétegek rétegvastagságát, optikai konstansait, kristályszerkezetét és felületi morfológiáját vizsgáltuk. A vizsgálatok részét képezte egy potenciosztatikus polarizációs vizsgálatosorozat is, aminek adatait kiindulásul használtuk a kinetikai modellezés során. A spektrális ellipszometriás vizsgálatok eredményei alapján modelleztük a fény interferenciáját a rétegen, ami alapján közvetlenül a színkoordinátákból lehetséges a kész réteg ellenőrzése.

3. Kísérleti körülmények

A katód 3 mm vastag, 70×60 mm²-es rozsdamentes acéllemezről készült. A kísérle-

teket szobahőmérsékleten, atmoszférikus nyomású levegőben hajtottuk végre. A legtöbb anodizálás ~200 s időtartamú volt.

3.1 Mintaelőkészítés

Az oxidált minták 25×5×3 mm³ méretű, 3 mm-es lemezből fűrésszel kivágott CPI titánlemezek voltak. Az anód szigetelésével 5×10 mm² méretű elektródfelületet alakítottunk ki, a lemezek nem katóddal szemben lévő oldala nem volt szigetelt.

A mintákat az oxidálást megelőzően desztillált vízzel öblítettük. Az öblítés után a lemezeket 15% m/m HNO₃, 1% m/m HF vizes oldatban (Kroll-oldat) mágneses keverés mellett fél percre pácoltuk. A titánt pácolás után desztillált vízben öblítettük, majd lúgos zsírtalanító oldatban (10% m/m Na₂CO₃, 50% m/m Na₃PO₄ vizes oldata), 60 °C-on, keverés mellett, 15 percig zsírtalanítottuk. A minták zsírtalanítás után desztillált vizes öblítést, szigetelést (PTFE-fóliával), majd újabb öblítést követően kerültek az elektrolitba, ahol a feszültség rákapcsolása előtt 10 percig álltak stabilizálás céljából. Az oxidáció után az elektrolitot desztillált vízzel lemostuk a felületről, majd a lemezeket szárítottuk. Tekintettel a rétegstabilitással kapcsolatos irodalmi adatokra és saját megfigyeléseinkre, a tárolás levegőn történt.

3.2 A réteg tulajdonságainak vizsgálata

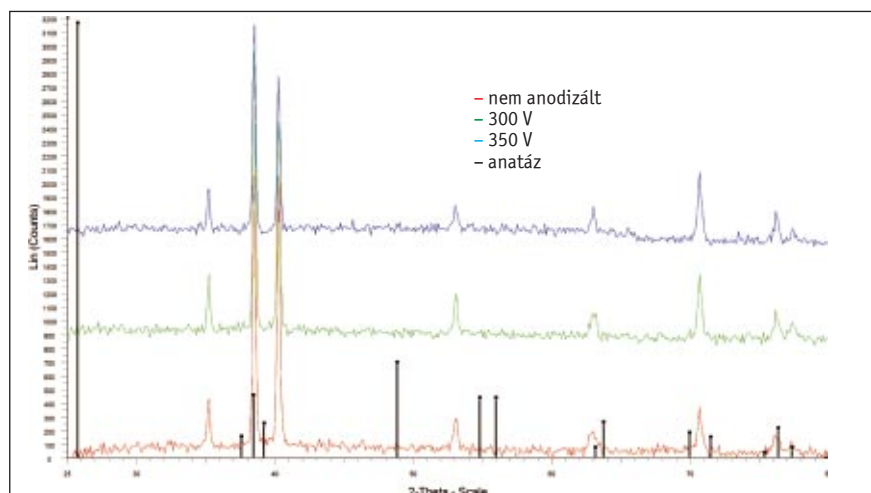
A passzíválódási polarizációs mérésekhez EF435 típusú potenciosztátot, EF2104 típusú AD konvertert és személyi számítógépet használtunk. A spektrális ellipszometres (SE) adatok méréséhez HORIBA AUTO-SE típusú spektrális ellipszometert használtunk, a kiértékelés és modellalkotás DeltaPsi2TM programmal történt, a minták 2,5 · 10⁻³ mol · dm⁻³ koncentrációjú NaOH oldatban készültek, 13 mm elektródátávolsággal. Az XRD vizsgálatokhoz CuKα ill. NiKα sugarakat alkalmaztunk 40 kV gyorsítófeszültséggel, Fe-szűrővel.

3.3 Potenciosztatikus kinetikai vizsgálatok

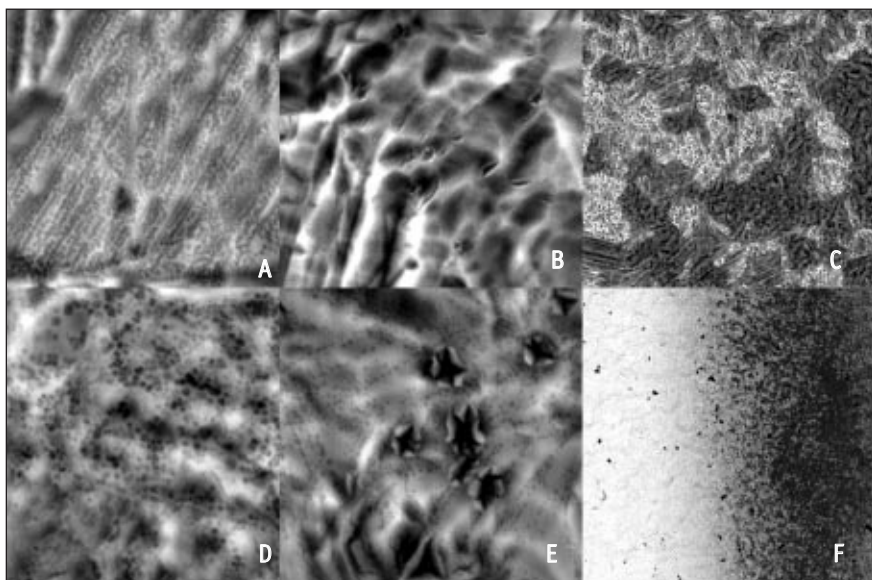
A potenciosztatikus áram-idő görbék felvételéhez egy 8 bites AD/DA konverterre épülő, max. 1 000 Hz mintavételezési frekvenciájú mérőműszert használtunk. Két mérési sorozatot végeztünk NaOH ill. H₂SO₄ elektrolitokkal. A NaOH oldat 2,5 · 10⁻³ mol · dm⁻³, a H₂SO₄ 10⁻³ mol · dm⁻³

1. táblázat. Az anódos rétegek vastagsága különböző anódos túlfeszültség értékeknél

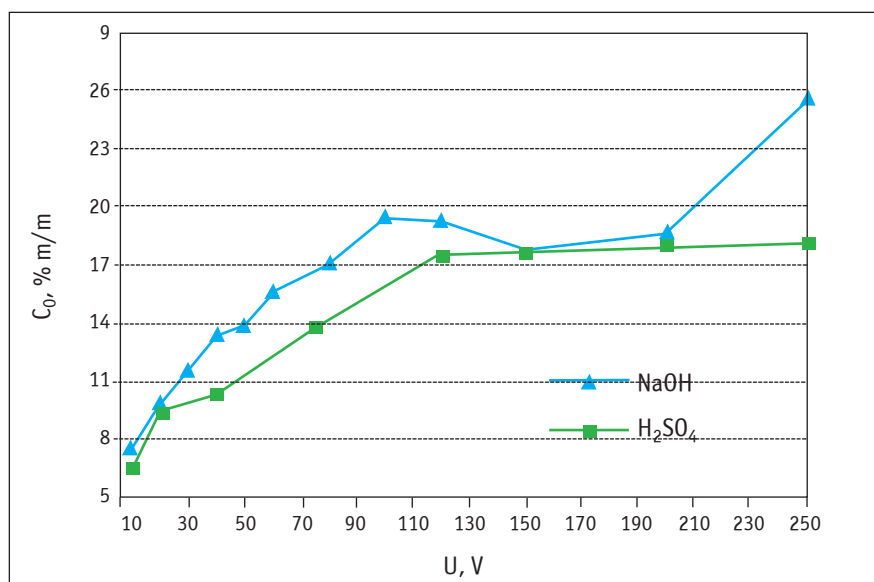
Feszültség, V	Rétegvastagság, nm
10	22,83
20	46,8
30	65,45
40	32,31 + 43,41 = 75,72
50	46,12 + 64,44 = 110,56
60	76,91 + 46,94 = 123,40
80	175,8
100	243,74
120	273,53 + 3,97 = 277,50
150	357,65 + 2,54 = 360,19
200	-
250	-



2. ábra. Egy mintasorozat XRD spektrumai



■ **3. ábra.** Különböző paraméterekkel anodizált minták SEM-felvételei (N=50 000x, „F” kivételével (N=50x)). A minták $2,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ NaOH elektrolittal készültek, kivéve „B” ($10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{H}_2\text{SO}_4$). „A”: U=80 V, „B”: U=150 V, „C”: U=200 V, „D”: U=100 V, „E”: U=250 V, „F”: U=200 V)



■ **4. ábra.** Minták átlagos felületi oxigénkoncentrációja

koncentrációjú, az elektródátávolság mindkét esetben 13 mm volt.

4. Eredmények

4.1 Rétegvastagság

Az ellipszometriás mérések eredményeit az 1. táblázatban tüntettük fel.

A táblázatban szereplő összegek több réteget jelentenek. Az ellipszometrikus modellek megalkotásánál ezekben az esetekben a modell illeszkedését a köztes rétegek feltételezése javította. Az értékeket az 1. ábrán mutatjuk be. Látható, hogy a feszültség-

rétegvastagság függvényében a feszültségtartományban jó közelítéssel lineáris.

A görbe meredeksége, az ún. rétegnövekedési állandó (film growth rate, FGR) értéke ~2,4. Ez az érték jó egyezést mutat az irodalmi adatokkal. Megállapítható, hogy a potenciosztatikus anodizálással kialakított rétegek növekedési állandója kisebb mind a galvanosztatikus, mind a dinamikus szabályozású módokénál [9].

4.2 Kristályszerkezet

Az XRD vizsgálatok egyik sorozatának eredményeit a 2. ábrán tüntettük fel. Az

irodalmi adatokkal ellentétben a vizsgált minták közül a legnagyobb anódos feszültségen kialakított rétegben sem találtunk kristályos titán-dioxid módosulatot. Ennek oka valószínűleg a nagy áramsűrűséggel folytatott potenciosztatikus anodizálás. A spektrumok titáncsúcsainak területe az anódos feszültség növekedésével csökkent, ami a réteg növekvő vastagságával, ezáltal a sugárzás mind nagyobb hányadának abszorbeálásával magyarázható.

4.3 SEM vizsgálatok

Az egyes minták SEM-felvételeit a 3. ábrán mutatjuk be. Az „A” és „D” képen az amorfoxidréteg látható. A minta felületi érdessége kb. egy nagyságrenddel volt nagyobb, mint az oxidréteg érdessége/vastagsága. A film a vezető szubsztrátot a vastagságával arányosan szigeteli, ezért a minta éleinek kontrasztja ezeken a helyeken kisebb. A „B” képen az oxidréteg oldódása miatt a felületen mikropedések láthatók (kénsavas elektrolit). A „C” és „F” képeken az alsó és a felső, eltérő vezetőképesseggel rendelkező réteg elkülönülése látszik. Az „E” képen látható minta a NaOH-os sorozat utolsó darabja, amely az átütési feszültség feletti anódos feszültségen készült. A szikrák a szubsztrát felületét egyes pontokon reaktiválták az oxidréteg átlukasztásával. Ilyen nagyítás mellett a kénsavas mintákról kevés olyan képet tudunk készíteni, melyeken látható az oxidréteg. Ennek oka valószínűleg a kénsavval kialakítható kisebb maximális rétegvastagság.

A minták mikroszondával mért oxigéntartalmát (látómező átlag) a 4. ábrán tüntettük fel. Mivel a gerjesztési mélység 0,5–1 mm volt, a minták filmvastagsága pedig ezt valószínűleg nem haladta meg, továbbá a CPI lemezek O-tartalma max. 0,18% m/m, feltételezhető, hogy a mért értékek összefüggésben vannak a felületi réteg oxigéntartalmával.

Az ábra szerint a NaOH-os sorozat mintáinak O-tartalma ~17,5% m/m értékén a nagy feszültségek tartományáig (200 V felett) egyensúlyra jutott, e feletti feszültségen pedig növekedett, valószínűleg az átívelések okozta mikroporozitás növekedése miatt. A kénsavas sorozat mintáinak oxigéntartalma végig a NaOH-os minták oxigéntartalma alatt maradt, és hasonlóan nagy feszültségeken sem haladta meg a fenti, az egyensúlyi értéket, ami egy további bizonyítéka annak, hogy

kénsavban nem tudtuk elérni a NaOH-ban létrehozott rétegek vastagságát. A kénsavban nagy feszültségen anodizált filmek porózitása kisebb volt.

4.4 A réteg optikai vizsgálata

Az ellipszométeres vizsgálatok során az átlátszó rétegekre minden esetben azt találtuk, hogy az extinkciós koefficiens (k) elhanyagolhatóan kicsi. A törésmutató a vizsgálat hullámhossztartományában jól közelíthető a két pontos Cauchy-módszerrel.

4.5 Potenciosztatikus áram-idő görbék

A mérések eredményeit az 5. és 6. ábrán mutatjuk be. Az áramerősség az NaOH-os sorozat esetében az átütési feszültség alatt monoton csökkenő lefutású volt, a maximális áramerősség az elektródátávolságnak és oldat vezetőképességnek közel megfelelően változott a feszültség függvényében.

Az irodalmi adatokkal ellentétben a kénsavas oldatot a polarizációs görbék jellegének alapján már közepesen nagy feszültségeken (80 V felett) is agresszív elektrolitnak találtuk.

Az átütési feszültséget NaOH esetében, ilyen kísérleti paraméterekkel ~210 V-ra becsültük, e felett a polarizációs görbe nem monoton csökkenő jellegű, az átütések időpontjában az áramerősség megugrik. Kénsavas elektrolitban a legkisebb alkalmazott feszültségen is tapasztaltunk mikroszkrázást, az átütési feszültség becslését pedig ezenkívül megnehezítette az oldódási áram szuperpozíciója. Az in-

tenzív gázfejlődés és anyagkiválás miatt a maximális alkalmazott feszültséget ebben az esetben 200 V-ra választottuk.

Kénsavas elektrolit esetében a réteg növekedésének sebessége jóval nagyobb volt, ami a maximális áramerősséggel magyarázható (a kénsav jobb vezető). Mivel a kénsavat agresszívnak, a rétegek homogenitását és stabilitását kicsinek, a folyamatot a képződő nagy mennyiségű gáz és az anódon kiváló szennyező miatt veszélyesnek ítéltük, a továbbiakban a réteg kialakulásának optikai és kinetikai modellezéséhez a NaOH-os sorozat adatait használtuk.

5. Modellezés

5.1 Kinetikai modell

A potenciosztatikus polarizációs függvények jellegének megállapításakor abból a tényből indultunk ki, hogy az anódon t idő alatt képződő oxigéngáz mennyisége a Faraday-törvény alapján az áramerősséggel arányos. E gáz az oxidréteget építi, annak vastagodásával pedig a diffúzió meghatározta gátlás miatt egy része feleslegként távozik a rendszerből. Emiatt az így számolt anyagmennyiség nem egyenlő a t idő alatt kialakuló réteg tömegével.

A polarizációs görbék leíró függvényt olyan alakban kerestük, aminél teljesül, hogy

$$j_{\max} = \frac{U}{(R_{\text{cell}} + \Gamma \cdot e_{\text{krit}}) \cdot A} = \frac{U}{(R_{\text{cell}} + \xi) \cdot A}$$

$$j_{\min} = U(\Gamma \cdot e_{\max} \cdot A)^{-1} = U(R_{\max} \cdot A)^{-1}$$

azaz a maximális áramsűrűség (j_{\max}) a cella kezdeti ellenállásának (R_{cell}), vagyis az elektrolit ellenállásának, a réteg fajlagos ellenállásának (Γ), az elektródafelületnek (A) és a maximális áramsűrűséghez tartozó rétegvastagságnak (e_{krit}) a függvénye. A minimális áramsűrűség pedig a kész réteg rétegvastagságának (e_{\max}) és a fajlagos ellenállásának megfelelő érték. A tapasztalatok alapján a felfutási szakasz az alkalmazott feszültségtől függően 10-50 ms időtartamú, míg a teljes folyamat esetünkben 200 s időtartamú volt, ezt tehát, és a felfutási időhöz tartozó réteg ellenállását (ξ) elhanyagoltuk.

Ilyen feltételek mellett az áram-idő görbék leíró függvényt az alábbi formában írhatjuk (átütési feszültség alatt, monoton csökkenő jelleggel):

$$j(t) = j_{\max} - \frac{\Delta j \cdot t}{\theta_1 + t}$$

$$I(t) = I_{\max} - \frac{\Delta I \cdot t}{\theta_2 + t},$$

ahol Δj és ΔI a maximális és minimális áramsűrűségek [A/m^2] ill. áramerősségek [A] különbsége, t az idő [s], θ pedig az anodizálásra jellemző késleltetési tényező [s]. Mivel a két függvény egy konstans szorzóban (A) tér el egymástól, a továbbiakban tekintsük az áramerősség-idő függvényt, illetve legyen $\Delta I \gg 0$.

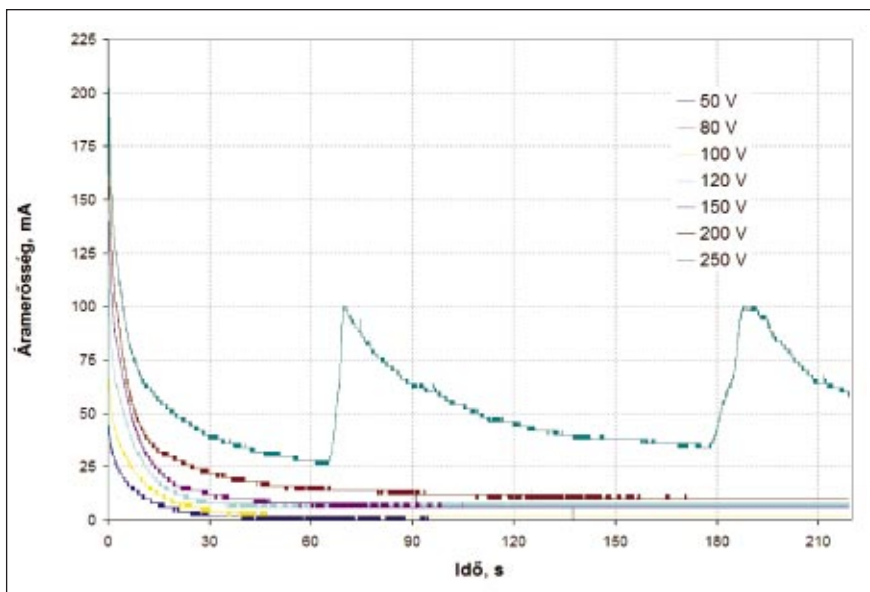
Látható, hogy mivel a maximális és minimális áramerősség értékeket egy adott kísérletre vonatkozóan mérni tudjuk, a maximális áramerősség pedig jól számítható a cellaállandóból és feszültségből, a feladat a minimális áramerősséghez tartozó idő meghatározása, azaz annak az időnek a becslése, ami alatt az anodizációs folyamat stacionárius állapotba jut. Ezt az egyensúlyt a következőképpen értelmezzük:

$$\frac{de}{dt} = 0; e = e_{\max}; \frac{dI}{dt} = 0; I(t_{\text{vég}}) = I_{\min}$$

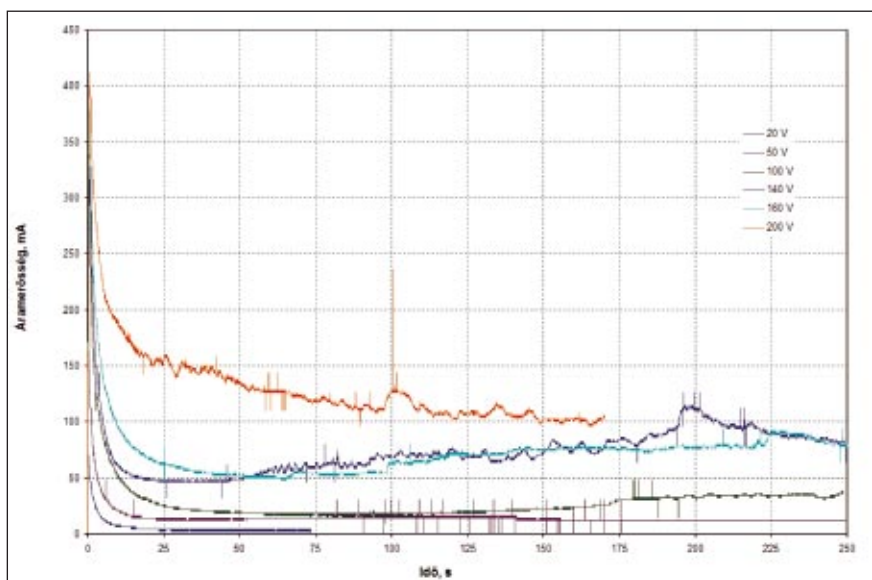
A gyakorlatban, illetve a fenti $I(t)$ és $j(t)$ függvények alapján azt látjuk, hogy a polarizációs görbék aszimptotikusan tartanak a minimális áramerősséghez ill. áramsűrűséghez, de azt csak végtelen idő elteltével érik el. A továbbiakban tehát meghatároztunk egy állandót ($\tau[A/s]$), ami az egyensúly megközelítését fejezi ki az alábbi módon:

$$\frac{dI}{dt} = \tau$$

Implicit formában tehát a gyakorlati



■ 5. ábra. Potenciosztatikus áram-idő görbék különböző anódos feszültségeken oxidált minták esetében, $2,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ NaOH elektrolittal



■ **6. ábra.** Potenciosztatikus áram-idő görbék különböző anódos feszültségeken oxidált minták esetében, $10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ H}_2\text{SO}_4$ elektrolittal

anodizációs időt (ami alatt egyensúlyra jut a rendszer) a következőképpen írhatjuk le:

$$t \left(\frac{U}{R_{\text{cell}}} - \frac{U}{R_{\text{max}}} \right) - \left(\frac{U}{R_{\text{cell}}} - \frac{U}{R_{\text{max}}} \right) \frac{\tau}{\theta + t} = \tau$$

A differenciálegyenletet megoldva, egyszerűsítve és t -t kifejezve kapjuk, hogy

$$t_{\text{vég}}(\tau, U) = \frac{-\theta\tau - \sqrt{-\theta\tau \left(\frac{U}{R_{\text{cell}}} - \frac{U}{R_{\text{max}}} \right)}}{\tau}$$

Látható, hogy a gyakorlati anodizációs idő a feszültség gyökös függvénye, τ csökkenésével (az egyensúly minél pontosabb közelítésével) $t_{\text{vég}}$ nő. A mérési adatsorokból regresszióval meghatározott nagy pontosságú függvényekhez tartozó, ill. a modellel számított függvényekhez tartozó

$t_{\text{vég}}$ időket a 7. ábrán tüntettük fel.

Ilyen illesztési paraméterekkel a θ konstans értéke meghatározható, a fenti kísérletre $\theta = \sim 1,6455$.

5.2 Energetikai modell

Ebben a modellben a célunk a réteg kialakításához szükséges gyakorlati villamosenergia-szükséglet meghatározása volt, összehasonlítva az elméletileg szükséges (Faraday-törvényből számolt) villamosenergia mennyiséggel.

A gyakorlati energiaszükséglet a következőképpen számítható:

$$W_{\text{re}} = P \cdot t = U \cdot q(t) = U \int_{t_k}^{t_v} I(t) dt$$

ahol $t_v - t_k$ az anodizáció teljes időtartama (ld. 5.1).

Ennek alapján a folyamat hatásfoka az alábbi egyenlettel határozható meg:

$$\eta = \frac{W_{\text{re}}}{W_{\text{id}}} = \frac{\rho \cdot A \cdot e}{k \int_{t_k}^{t_v} I(t) dt}$$

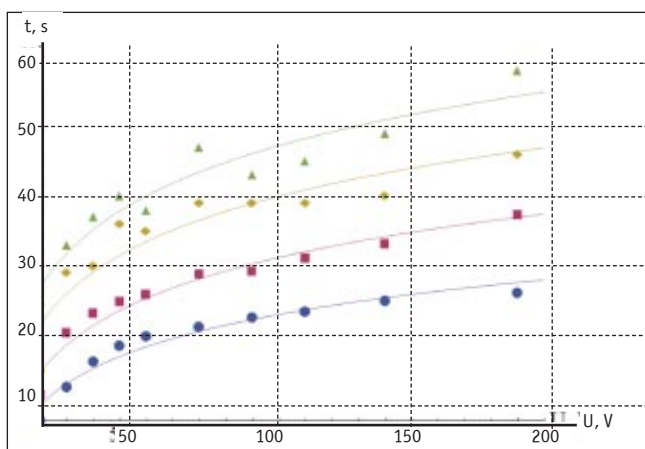
ahol ρ az oxid átlagos sűrűsége ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$), e a rétegvastagság (nm), k pedig az elektrokémiai egyenérték ($\text{mol} \cdot \text{C}^{-1}$). A számított hatásfok értékeket a 8. ábrán tüntettük fel.

Az ábráról látszik, hogy az anodizáció hatásfoka az anódos feszültség növekedésével, ill. τ csökkenésével csökkent. Ennek oka, hogy a feszültség növelésével a cellán átfolyó áram erőssége nőtt, így több oxigén képződött, aminek nagyobb hányada feleslegként eltávozott a rendszerből, az egyensúly közelítésével pedig az anodizációs idő nőtt, ezzel – tekintve, hogy a réteg leggyorsabban a folyamat elején nő – rontva a hatásfokot. A hatásfok galvanosztikus vagy áramszabályozott táplálással konstans értéken tartható a feszültség függvényében (a hatásfok ilyen romlása tehát a potenciosztatikus eljárás sajátossága).

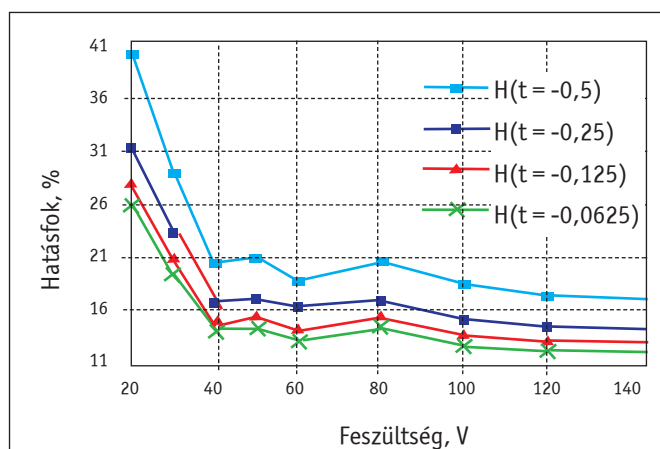
5.3 Optikai modell

A célunk egy olyan optikai modell kidolgozása volt, amely alapján a kész réteg minősítése pusztán kolorimetriásan (RGB koordináták alapján, képelemzéssel) lehetséges. A modellt a fény interferenciájának jelenségére alapoztuk, így csak az átlátszó filmek minősítésére alkalmas.

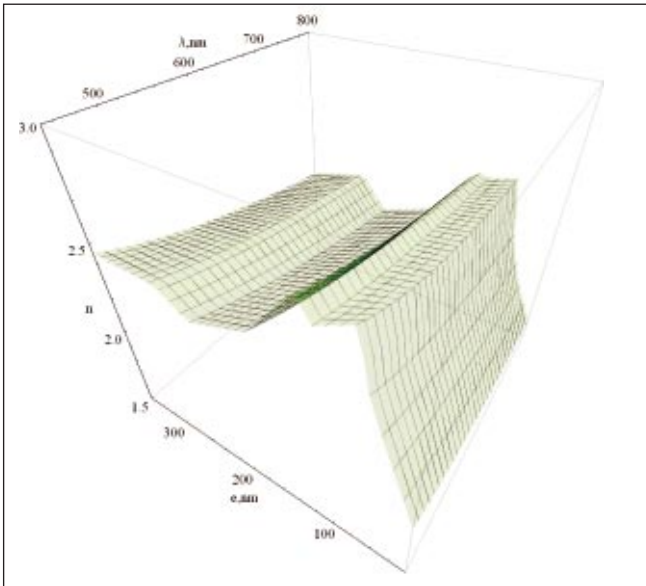
Ha az oxid-levegő határfelületre egy monokromatikus fénynyaláb esik, annak egy része visszaverődik, egy része pedig irányváltozással továbbhalad a rétegben,



■ **7. ábra.** Modellel számított (folytonos) és mért anodizációs idő értékek összehasonlítása



■ **8. ábra.** Hatásfok alakulása a feszültség és τ függvényében



■ 9. ábra. A legfelső alréteg mért optikai mátrixa

visszaverődik a szubsztrát felületéről, majd újabb irányváltozással kilép a filmből.

A Snellius-Descartes-törvény értelmében a következőképpen fejezhetjük ki az optikai úthosszkülönbséget:

$$\Delta(e, n) = \frac{2e}{\cos \left(\sin^{-1} \left[\frac{\sin \alpha}{n_{21}(\lambda, e)} \right] \right)} = \frac{2e}{\sqrt{1 - \frac{\sin^2 \alpha}{n_{21}^2(\lambda, e)}}}$$

az oxidréteg törésmutatóját (az extinkciós koefficiensből, annak elhanyagolhatóan kis értéke miatt, eltekintettünk). A feladatot nehezíti, hogy a törésmutató az egyes filmek rétegvastagságától és a hullámhossztól is függ, ezért az $n = f(\lambda, e)$ felületet minden kísérletsorozatra külön, előzőleg meg kell határozni. A hullámhosszfüggés közelítésére a Cauchy-módszert használtuk, a mért értékeket és az illesztett felületet, példaképpen, a legfelső rétegre a 9. ábrán mutatjuk be.

A deflektált sávok eloszlását leíró függvényt nem ismerjük, ezért a következő közelítő függvényt használtuk:

ahol α a beesési szög, n_{21} pedig a film-levegő törésmutató. Mivel a réteg felületi érdességét nem ismerjük, vezessük be a

$$\Omega = \sin^2 \alpha$$

konstanst, ami tehát a felületi érdességtől és a megvilágítás koherenciájától függ, értéke pedig 0 és 1 közötti.

Ahhoz, hogy kiszámolhassuk a „kiütött” hullámhosszakat, meg kell határozni

$$D = \sin \left| \frac{\Delta}{2} \right|^m$$

ahol D a kioltási szám, értéke 0 és 1 közötti, ha $D=1$, a kioltás teljes, m a határozatlansági exponens, a bináris eset: $m = \infty$.

A teljes spektrumot leíró függvény tehát:

$$\vartheta(e, n, \Omega, m) = 1 - \left| \sin \frac{e}{\sqrt{1 - \frac{\Omega}{n^2(\lambda, e)}}} \right|^m$$

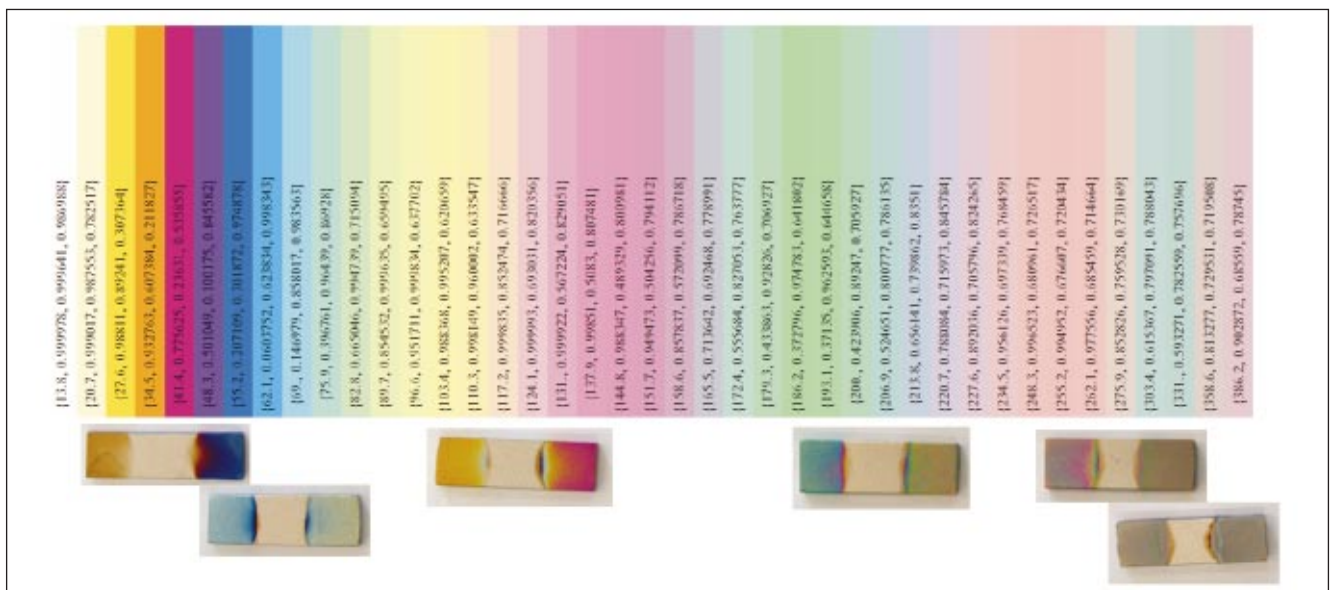
ahol ϑ a fény intenzitása adott hullámhosszon. A spektrum intenzitásértékeiből az RGB koordináták az alábbi módon számolhatók ki egyszerűen:

$$R = \frac{\int_{\lambda_{Rmin}}^{\lambda_{Rmax}} \vartheta(e, n, \Omega, m) d\lambda}{\lambda_{Rmax} - \lambda_{Rmin}}$$

$$G = \frac{\int_{\lambda_{Gmin}}^{\lambda_{Gmax}} \vartheta(e, n, \Omega, m) d\lambda}{\lambda_{Gmax} - \lambda_{Gmin}}$$

$$B = \frac{\int_{\lambda_{Bmin}}^{\lambda_{Bmax}} \vartheta(e, n, \Omega, m) d\lambda}{\lambda_{Bmax} - \lambda_{Bmin}}$$

A vörös, zöld és kék színek hullámhossztartományainak meghatározása a legtöbb esetben szubjektivitást sem nélkülöző, nem egyszerű feladat (a szem receptorainak válaszele bizonyos frekvenciájú elektromágneses ingerre egyénenként más), ráadásul az egyes intervallumok egymásra átlapolódnak. A számítások so-



■ 10. ábra. Számított színskála összehasonlítása a minták fényképével és a mért rétegvastagságokkal ($\Omega=0,97$, $m=19,89$). Az anódos feszültség jobbról balra: 10, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 120, 150, 200, 250 V

rán a CIE kromaticitási diagramból kiindulva egyszerűsített módon az $R[0,7;0,9]$, $G[0,5;0,7]$ és $B[0,3;0,5]$ intervallumokon integráltunk (μm) [10].

Az egyes színkoordinátákat, felhasználva a diszperziós mátrixot, egy folytonos rétegvastagság tartományban számítottuk ki. A számított skála, RGB koordinátákkal és fényképekkel, a 10. ábrán látható. Az egyes sávokon feltüntettük a rétegvastagságot (e), és a számolt koordinátákat $\{e, R, G, B\}$ alakban.

Az ábráról látható, hogy a diszkrét rétegvastagság értékekkel számított színek a valós minták színének megfelelő rétegvastagságot igen jól közelítik, a legnagyobb eltérés ~ 20 nm.

A sorozat legnagyobb feszültségen anodizált darabjának színe nem egyezik a skála 360 nm rétegvastagságot követő tagjaival, ennek oka valószínűleg a réteg extinkciós koefficiensének és abszorbananciájának növekedése, a réteg átlátszóságának csökkenése (ellipszométerrel ennek megfelelően mérni sem tudtuk).

A számított színek a rétegvastagság növelésével a szürke színt közelítik (bármely két RGB koordináta hányadosának értéke közelít 1-hez). Ennek oka az, hogy a rétegvastagság értéke a látható fény hullámhossztartományától távolodik, így az interferencia határozatlansága (m) nő.

A leolvasás és egyeztetés természetesen szubjektív, de bármilyen digitális fényképezővel és képelemző programmal megállapíthatók a fénykép egy területének RGB koordinátái. Ezekből a modell segítségével közvetlenül becsülhető a rétegvastagság. A módszer legnagyobb korlátja, hogy csak adott, jól meghatározott anodizációs paraméterek ismeretében működik, továbbá a réteg részletezett optikai mátrixát előzetesen meg kell határozni. Egy rutin szerint működő gyártósor esetében azonban ezek ismertek, így az üzemszerű gyártás esetében a kolorimetriás rétegvastagság-beccslés egyszerű, gyors módja lehet a minőség ellenőrzésének.

6. Összefoglalás

Munkánkban megvizsgáltuk az ismertetett kísérleti paraméterekkel kivitelezett anódos oxidációs folyamatokat és a létrehozott rétegek tulajdonságait.

A mérések (SE, SEM, XRD) az irodalmi adatoknak megfelelő eredményeket hoztak, a kristályszerkezet kivételével, melyet minden esetben amorfnek találtunk. A SEM felvételeken jól látható az agresszív és passzív elektrolitok hatása a nukleációs folyamatra, a porozitás és az átütési feszültség kapcsolata tisztán megmutatkozott. A réteg vastagságát és optikai konstansait spektroszkópikus ellipszométerrel vizsgáltuk. A törésmutató és az extinkciós koefficiens függvénye a rétegvastagságnak. A rétegvastagságot az irodalmi adatokkal megegyezően, az anódos feszültség lineáris függvényének találtuk.

A titán anódos kezelése során az irodalom szerint agresszív (kénsav) és kevésbé agresszív (NaOH) elektrolitok hatását követtük nyomon. A réteg oldódása kénsavban jól láthatóan megmutatkozott a potenciosztatikus áram-idő görbén. Az átütési feszültség felett az áramerősség értékében a szikrázás miatt ugrásokat tapasztaltunk. A mérések alapján információt kaptunk a folyamat időbeli lefutásáról, az átütési feszültség becsült értékéről és a réteg végleges fajlagos ellenállásáról.

A kinetikai és optikai mérések adatai alapján modelleztük az anódos folyamatot, elsősorban a gyakorlati felhasználás szempontjából fontosabb NaOH elektrolitos sorozatból kiindulva. A kidolgozott modellek segítségével egy felületkezelő üzem termékskálájának anodizált termékekkel való bővítésének lehetőségéhez járultunk hozzá. A modellekkel a dolgozatban részletezettek szerint lehetséges a titán-dioxid vékonyrétegek tervezése és ellenőrzése.

7. Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretnénk köszönetet mondani Kovács Árpádnak a SEM felvételekért és Súlyom Jenőnek az XRD vizsgálatokért

(Anyagtudományi Intézet, Miskolci Egyetem). Köszönettel tartozunk Dobó Zsolt-nak a hardverek elkészítéséért.

Irodalom

- [1] Dobránszky J.: Titán: a fém, amelyet a repülés tett naggyá. BKL Kohászat, 2004. 1. sz. 29-36.
- [2] Pásztor G. és tsai: Könnyűfémek metallurgiája. Tankönyvkiadó, 1991
- [3] Z. Katarzyna: Titanium Dioxide Thin Films for Gas Sensors and Photonic Applications. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków, 2003
- [4] S. Young-Taeg és tsai: Characteristics of the surface oxides on turned and electrochemically oxidized pure titanium implants up to dielectric breakdown; the oxide thickness, micropore configurations, surface roughness, crystal structure and chemical composition. Biomaterials, 23, 491-501, 2003
- [5] M. Weiser és tsai: Electrochemical investigation on thin titanium oxide films formed by electrolytic and thermal oxidation. Technische Universität Dresden, IKT, 2004
- [6] J. Pouilleau és tsai: Structure and composition of passive titanium oxide films. Material Science and Engineering, B47, 235-243, 1997
- [7] P. Chowdhury és tsai: The structural and electrical properties of TiO_2 thin films prepared by thermal oxidation. Physica B 403, 3718 - 3723, 2008
- [8] S. D. Mo-W. Y Ching: Electronic and optical properties of three phases of titanium dioxide: Rutile, anatase, and brookite. Physical Review B 51, 13023-13032 1995
- [9] A. Yildiz és tsai: The substrate temperature dependent electrical properties of titanium dioxide thin films. Journal of Materials Science: Materials in Electronics, 2009 (online publikáció)
- [10] <http://members.eunet.at/cie/>

Az OMBKE budapesti szervezetei tisztelettel meghívják az Egyesület tagjait, családtagjait és minden érdeklődőt a gellérthegyi sziklatemplomban **2009. december 4-én (péntek) 17.00 órákor** tartandó

Szent Borbála-szentmisére.

Oerlikon Balzers PVD-bevonatok Magyarországon

Az iparban évente milliárdos veszteségek keletkeznek a szerszámok és gépalkatrészek kopására visszavezethető okok miatt. A PVD (Physical Vapour Deposition) bevonatolási-technológia, megfontolt mérnöki tervezés mellett, az esetek nagy többségében segíthet abban, hogy ezek a veszteségek gyorsan és jelentősen csökkenthetők legyenek. A cikk az Oerlikon Balzers vállalat szemzőgéből kíván áttekintést adni a PVD bevonatolás történetéről, technológiájáról, berendezéseiről és alkalmazási lehetőségeiről.

1. A cég története és bemutatása

II. Ferenc József herceg és a svájci iparos, Emil Georg Bührle támogatásával Max Auwärter professzor 1946-ban megalapította a Balzers Coating berendezésgyártó intézetet. Célja az addig jobbára ismeretlen és kevésbé kutatott vákuumos vékonyfilm-bevonattechnológia ipari hasznosítása volt. A múlt század közepén a vékonyréteg bevonatok gyártásához berendezések és eszközök sem álltak rendelkezésre, a vállalat ezért úgy döntött, hogy azokat saját maga gyártja le. Elsőként antireflexiós bevonatokat készítettek szemüveglenccsékhez, kamera-objektívekhez, optikai szűrőkhöz és reflektorokhoz. Az óraipar számára aranyszínű, karcálló PVD-bevonatokat már 1974-ben gyártottak.

A vállalat 1976-ban az Oerlikon-Bührle Holding AG kizárólagos tulajdonába került. Ekkortól a fejlesztés teljesen új irányt vett, a Balzers Coating a szerszámokon alkalmazott PVD bevonatok kutatása mellett kötelezte el magát. Elsőként a TiN bevonattal ellátott hidegalakító szerszámokkal kapcsolatos kísérletek bizonyultak sikeresnek. Hivatalosan 1978. szeptember 1-jén indult el a BALINIT® márkanévvel ellátott PVD-keménybevonatok fejlesztése és értékesítése. A Balzers Coating által kifejlesztett PVD bevonatolási-tech-

nológia első átütő sikerét 1980-ban érte el, amikor egy németországi kiállításon először mutattak be bevonatolt spirálfúrót.

Székhelyét tekintve a lichtensteini Balzers-ben lévő Oerlikon Balzers mára a világ vezető vállalatává fejlődött a bevonatolás területén. A precíziós alkatrészek és fémek, ill. műanyagok megmunkálásához alkalmazott szerszámok teljesítménye és élettartama jelentősen javult a Balzers bevonatokkal. A BALINIT® márkanévvel ellátott bevonatok extrém vékonyak, nagy keménységűek és jelentősen csökkentik a súrlódást, ill. a kopást. A cég maga fejleszti a bevonatolási eljárásokat, gépeket, emellett gyártóberendezéseket gyárt és értékesít. A bevonatolást, mint szolgáltatást, egy dinamikus bővülő hálózat segítségével 80 bevonatoló központon keresztül kínálja Európa-, Amerika- és Ázsia-szerte.

A svájci központú Oerlikon a vezető high-tech ipari konszernnek közé tartozik a világon, fő tevékenységi köre gépek, gyártóberendezések előállításai. A vállalat vezető piaci szereplőként van jelen az ipari megoldások és csúcstechnológiák területén, így a textilipari gépgyártásban, a vékonyréteg bevonatolásban, a hajtómű-, a precíziós-, a vákuum- és a szolár-technológiában.

2. Az Oerlikon Balzers Magyarországon

Az 1990-es években az országban a korábban meglévő és az újonnan betelepült, mechanikus megmunkálással foglalkozó vállalatoknál megnőtt az igény a használt forgácsoló szerszámok felújításával kapcsolatos szolgáltatások iránt. A gyári, új állapotban elért szerszámélettartam eredményeket a felújítás során kizárólag élezéssel már nem lehetett teljesíteni. Mindenképpen komplex szolgáltatásban kellett gondolkodni, amely esetén az élezés mellett a bevonatolási technológia is meghatározó szerephez jutott. Ekkor jelentek meg Magyarországon az első bevonatoló központok. A vállalatok szigorú, a szerszámok minőségével és élettartamával kapcsolatos elvárásai bizonyították, önmagában nem elegendő a helyes élgeometria megléte, a konstans élettartamhoz mindenképpen szükségesek az eredeti, kiváló minőségű bevonatok is.

A multinacionális vállalatok Magyarországon is az anyaországban megszokott minőséget és szolgáltatást várták el beszállítóktól, ezért a Balzers 2000-ben már a kapfenbergi (Ausztria) bevonatoló központjából szolgálta ki a hozzájuk forduló magyarországi cégeket. Idővel azonban a minőség mellett, a szerszámgazdálkodás szempontjából, a szállítási határidő is egyre fontosabb szerephez jutott, a gyorsaság meghatározó tényezővé vált a partnereknél. Ekkor döntött a vállalat vezetése egy magyarországi bevonatoló központ felépítéséről.

A tervek 2004-ben váltak valóra, amikor a Balzers megnyitotta bevonatoló központját Székesfehérváron. A zöldmezős beruházás eredményeként az üzemet a legkorszerűbb berendezésekkel és technológiával szerelték fel. A Balzers által kifejlesztett kiváló minőségű bevonatok immár itthon készülnek a magyarországi partnerek részére.

3. Bevonatolási-technológia

A szerszámok és precíziós gépalkatrészek felületének célzott módosítására, ezáltal

Ligeti Gábor 1995-ben szerzett gépészmérnöki diplomát a Kecskeméti Főiskolán, ezt követően minőségügyi szakmérnöki vizsgát tett. Szakirányú pályafutását mérnökként a győri székhelyű Audi Hungaria Motor Kft. V8-as forgattyúsház megmunkáló során kezdte. Feladata elsősorban a szerszámellátás koordinálása, a szerszámozás fejlesztése volt. Ezt követően két évig a forgácsoló szerszámok értékesítésével foglalkozó LMT-Böhler Kft.-nél dolgozott kereskedelmi vezetőként. 2003-tól az Oerlikon Balzers Coating Austria GmbH Magyarországi Fióktelepén képviselő-vezetőként, a bevonatoló üzem elindulásával cégvezetőként tevékenykedik.

a felhasználás során tanúsított viselkedésük, ill. teljesítőképességük javítására különböző eljárásokat alkalmaznak. Ezek jelentősen eltérnek egymástól a bevonatolási hőmérséklet és az elérhető bevonatvastagság tekintetében. Az 1. ábra vázlatosan összefoglalja e tárgykör néhány aspektusát és segít a tájékozódásban.

Az Oerlikon Balzers elsősorban PVD technológiával foglalkozik, ezért a következőkben ezeket az eljárásokat tekintjük át részletesebben.

4. PVD (Physical Vapour Deposition - leválasztás gőzfázisból) eljárások

A PVD folyamatok nagy vákuumban és jellemzően a 150 és 500 °C közötti hőmérséklet-tartományban mennek végbe.

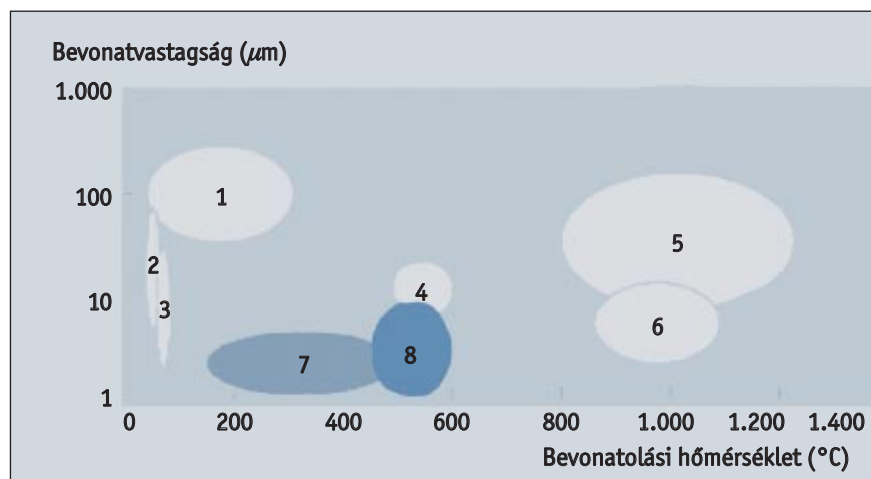
A rendkívül nagy tisztaságú bevonóanyagok (fémek, mint például a titán, a króm vagy az alumínium) atomi méretű diszpergálása, ill. porlasztása vagy a hőmérséklet növelésével (elgőzölögtetés), vagy ionokkal történő bombázással (például az ún. katódporlasztás során) valósul meg. Ezzel egyidejűleg reaktív gázt, pl. nitrogént vagy acetilént is bevezetnek a berendezés bevonatoló kamrájába, amely a fémgőzökkel kapcsolatba lépve végül a szerszámokon, ill. a gépelemeken vékony, szilárdan tapadó réteggé csapódik le. Ahhoz, hogy mindenhol homogén bevonatvastagság alakuljon ki, a bevonatolás során az alkatrészeket egyenletesen forgatják a bevonó kamrában, akár több tengely körül is.

A bevonat tulajdonságai (mint pl. a keménysége, mikroszerkezete, vegyi és termikus ellenállóképessége, tapadószilárdsága) célirányosan vezérelhetők.

A PVD-eljárásokhoz tartozik az ún. Arc Evaporation (elektromos ívvel porlasztva történő bevonatolás), a Sputtern vagy Sputtering (energiadús ionokkal bombázva történő porlasztás és bevonatolás), az Ionplating (ionokkal bombázva történő bevonatolás), az Enhanced Sputtern (növelt teljesítményű porlasztással történő bevonatolás) és az ún. P3e™ eljárás, amelyeket a következőkben részleteiben is bemutatunk.

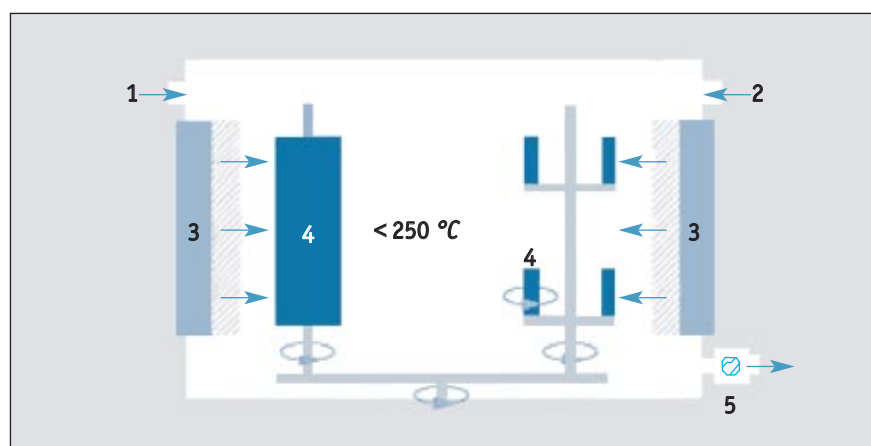
4.1 Sputtern

A Sputtern (reaktív ionbesugárzás) technológiánál a berendezés kamrájában a vákuum létrehozása után a bevonatolandó elemeket egy viszonylag alacsony bevonat-



■ 1. ábra. Jellemző rétegvastagság- és hőmérséklet-tartományok

1 - plazmaszórás, 2 - galvántechnika, 3 - foszfátózás, 4 - nitridálás, 5 - boridálás, 6 - CVD (Chemical Vapour Deposition), 7 - PVD (Physical Vapour Deposition) és PACVD (Plasma Assisted Chemical Vapour Deposition), 8 - P3e™ (Pulse Enhanced Electron Emission)



■ 2. ábra. A Sputtern technológia vázlata

1 - argon bevezetése, 2 - reakcióképes (reaktív) gáz bevezetése, 3 - planáris magnetron (a bevonó anyag forrása), 4 - munkadarabok (bevonatolandó szerszámok vagy alkatrészek), 5 - vákuumszivattyú

olási hőmérsékletre hevítik (<250 °C). Majd argonionokkal történő besugárzással a szerszám felületén ún. ionos maratást végeznek, amelynek során a bevonat tapadásának szempontjából meghatározó jelentőséggel bír, tiszta, minden atomi szennyeződéstől mentes fémes felületet kapnak.

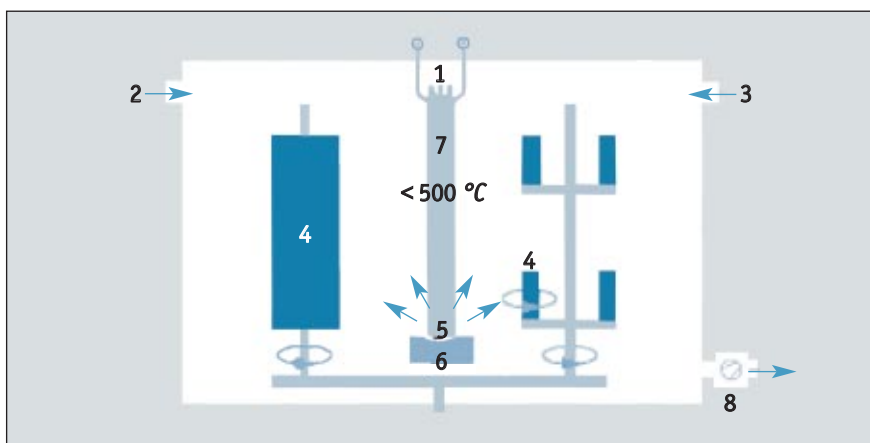
Ezt követően a bevonóanyagot tartalmazó forrásokra, az ún. targetekre magas negatív feszültséget kapcsolnak. A létrejövő elektromos gázkisülés következtében képződő pozitív argonionokat a targetek irányába gyorsítják, s azok a becsapódás következtében a bevonóanyagot porlasztják. Az így kilökött fémrészecskék (pl. titán target esetén titán atomok) egy olyan további, bevezetett reakcióképes gázzal (pl. nitrogénnel) lépnek kapcsolatba,

amely a későbbi keménybevonat nemfémes komponensét adja. A létrejött, jelen esetben pl. TiN molekulák a bevonandó munkadarab irányába felgyorsulnak, ott becsapódnak, és a szerszám vagy az alkatrész felületéhez fémes kötéssel kapcsolódnak. (2. ábra)

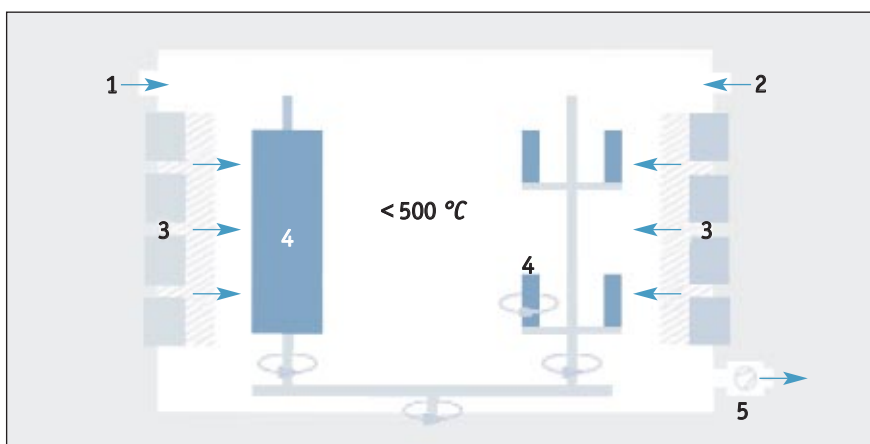
Az eljárás eredményeként egy vékony, a kívánt struktúrával és összetétellel rendelkező kompakt bevonat képződik a szubsztrátum felületén.

4.2 Ionplating

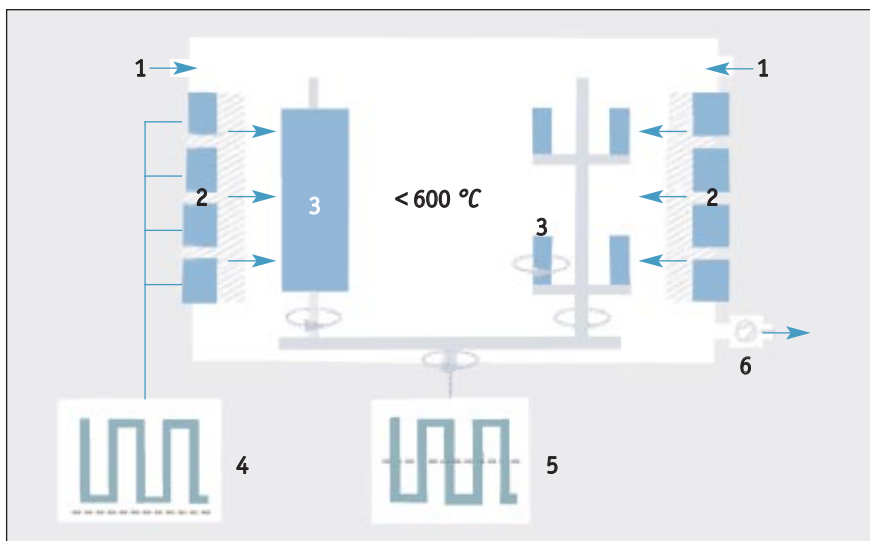
Az Ionplating egy olyan PVD-eljárás, amelynél az ún. reaktív elektronsugaras párolgatást alkalmazzák. A vákuum létrehozása és a bevonatolási hőmérsékletre történő felfűtés után, a sputtern (ionbesugárzásos) eljárással ellentétben, itt a bevonat fémes



■ **3. ábra.** Az Ionplating technológia vázlata. 1 - elektronsugár forrás, 2 - argon bevezetése, 3 - reakcióképes gáz bevezetése, 4 - munkadarabok (bevonatolandó szerszámok, alkatrészek), 5 - bevonóanyag-forrás, 6 - tégely (anód), 7 - kisfeszültségű ívkisülés, 8 - vákuumszivattyú



■ **4. ábra.** Az Arc Evaporation technológia vázlata. 1 - argon bevezetése, 2 - reakcióképes gáz bevezetése, 3 - ívkisülés keltése/gerjesztő források (a bevonó anyag/target és annak tartólemeze), 4 - munkadarabok (bevonatolandó szerszámok, alkatrészek), 5 - vákuumszivattyú



■ **5. ábra.** A P3e™ technológia vázlata. 1 - oxigén (O_2) bevezetése, 2 - ívgerjesztés (bevonóanyag és annak tartólemeze), 3 - munkadarabok (bevonatolandó szerszámok, alkatrészek), 4 - elektromos tápegység a pulzáló ívgerjesztéshez (a bevonóanyag elpárolgatásához), 5 - elektromos tápegység a nagyfrekvenciás csatlakozáshoz, 6 - vákuumszivattyú

komponensét, pl. a titánt vagy a krómot, egy alacsony feszültségű elektromos ív segítségével párologtatják el (3. ábra).

4.3 Arc Evaporation

Ennél az eljárásnál egy néhány mikrométeres átmérőjű elektromos ív halad át a szilárd, fémes bevonóanyagon (targeten), és azt elpárolgatja. A folyamat során alkalmazott nagy áramerősség és teljesítménysűrűség miatt az elpárolgott anyag nagyrészt ionizálódik, és nagy energiájú plazmát képez (4. ábra).

Az így elpárolgott fémionok egy ezzel egyidejűleg bevezetett reakcióképes gázzal kapcsolódnak össze, és a bevonatolni kívánt szerszámmal ill. alkatrészre nagy energiával csapódnak be.

4.4 P3e™ (Pulse Enhanced Electron Emission)

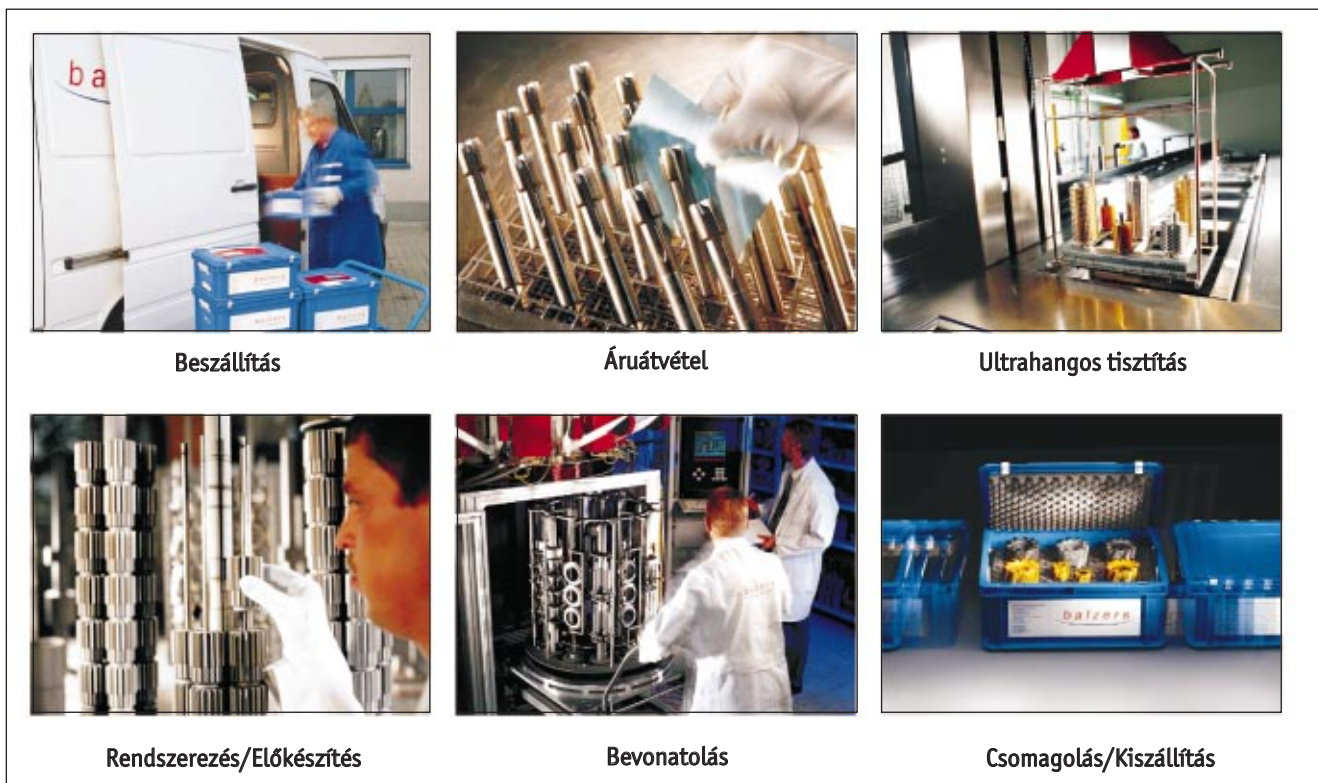
A P3e™ bevonatoló technológia az Arc Evaporation technika egyfajta módosítása, léptető árammal történő gerjesztéssel. A bevonókamrába megfelelő nyomáson tiszta oxigént juttatva, fokozni lehet az elektronemissziót és a keltett plazma teljesítményét, melyet megfelelően szabályozott, pulzáló árammal gerjesztenek.

A P3e™ technológiának köszönhetően lehetővé válik sokféle fémoxidbevonat (Al_2O_3 , ZrO_2 , Cr_2O_3 , Ta_2O_5 stb.) előállítása is (5. ábra).

5. Műveleti lépések

A teljes technológiai művelet sor szempontjából a bevonatképzést megelőző és követő műveletek és folyamatok legalább annyira fontosak, mint maga a bevonat kiépülését megvalósító bevonatolás (6. ábra).

Az áruátvétel során a szerszámokat mennyiségre, funkciójukra, bevonattípusra és felületminőségre részletesen ellenőrzik, és felveszik a bevonatolás szempontjából legfontosabb adatokat (méret, alapanyag, bevonattípus, bevonatolandó felület stb.) Egy adott rendeléshez pozícióként egy nyomtatott formátumú munkautasítást csatolnak, amely a teljes technológiai művelet sor alatt végigköveti a bevonni kívánt szerszámot vagy alkatrészt. A munkautasítás minden olyan technológiai információt tartalmaz, amelyben a szerszám érintett lehet a beérkezéstől a kiszállitásig. Az elvégzett műveleteket számítógépes rendszerben



■ 6. ábra. Műveleti lépések

rögzítik, így egy adott szerszámról bármikor információ nyerhető, hogy éppen melyik technológiai lépésnél tart.

A tisztítás több lépcsőben és módon, különféle kémiai anyagok segítségével egy mosóberendezésben történik. A folyamat végén olyan szennyeződésektől mentes, tiszta felület jön létre, amely így már alkalmas a megfelelő bevonat felvitelére.

Többször bevonatolt szerszámnál a nagyobb bevonatvastagságból adódóan kialakuló nyomófeszültség elérhet egy olyan kritikus mértéket, amelynek hatására a bevonat leválhat a szerszám felületéről. Ezenél a szerszámnál a tisztítás elengedhetetlen részét képezi a korábbi bevonat eltávolítása, mely különféle berendezésekben kémiai és elektrokémiai eljárással történik a bevonat és az alapanyag függvényében.

Forgácsoló szerszámok esetében az előkészítési feladathoz tartozik még az él előkészítés. Ilyen lehet pl. gyorsacél szerszámnál a sorjátlanítás, ill. az adott alapanyag megmunkálásához javasolt éllekerekítés. Erre a feladatra szintén többfajta berendezést alkalmaznak, de ezek közül a Balzers üzemében a mágneses finiselő gépek képviselik a ma létező talán legkorszerűbb technikát és biztosítják a legjobb minőséget.

A megtisztított, előkészített szerszámokat a bevonatoló berendezés készülékére, az ún. karusszetre helyezik fel oly módon, hogy a bevonatmentesen maradó felületeket mechanikusan levédik. A forgácsoló szerszámokat a száruknál fogva a méretüknek megfelelően kialakított hüvelyekbe helyezik. Az így előkészített karusszel kerül aztán a bevonatoló berendezésbe, ahol a korábbiakban említett eljárásokkal készítik a kért bevonatot.

A bevonatolás végeztével a bevonat legfontosabb tulajdonságainak (bevonatvastagság, bevonattapadás) ellenőrzése után minőségileg jóváhagyják az adott kamratölteteket. Ezt követően minden egyes szerszámon szemrevételezéssel még egyszer ellenőrzik a bevonat homogenitását.

A műveleti sorrend betartása jelentős hatással van a készített bevonat minőségére, egyes lépések elhagyása kedvezőtlenül befolyásolja a teljesítményt és az elévült élettartamot.

A gondos és szakszerű kezelés elengedhetetlen feltétele annak, hogy a szerszámokat megvédjük a károsodástól ill. sérülésektől. Ismerve ezeket a tényeket, a Balzers a technológiai utasítások betartása mellett komoly hangsúlyt és energiát fektet a beérkezéskori, a gyártásközi és a végellenőrzésre. Ezáltal az adott partner

nem csupán egy bevonatot, hanem egy komplett Balinit® bevonatolási technológiát kap, amely világszerte azonos kivitelt és azonos minőséget garantál.





6. Bevonatoló berendezések

A korábbiakban már említettük, hogy a Balzers saját fejlesztésű bevonatoló berendezéseket értékesít partnerei részére, ill. ugyanezekkel a gépekkel szereli fel a bevonatoló központjait is.

Az évek folyamán a PVD-technológia jelentős fejlődésen ment keresztül, amelyet a bevonatoló berendezések is követek. Nagy energiát és jelentős anyagi forrásokat fektettek és fektetnek a mai napig is a kutatásokba, az innovációba a legkülönbözőbb vevői igények kielégítésére.

Az Oerlikon Balzers leggyakoribb bevonatoló berendezéseiről, a konstrukciók legfontosabb adatairól és képességeiről a 7. ábra ad rövid összefoglalást.

Mintegy 500 Oerlikon Balzers bevonatoló berendezés üzemel világszerte. Ezek a gépek általában etalonnak számítanak a termelékenység, a sokoldalúság, a készenlét, a hosszú élettartam és a gazdaságos üzemeltetés tekintetében.

Típus	BAI 830	RCS	BAI 1200	INNOVA
Kép				
PVD-eljárás	Ionplating	Arc/Sputtern	Arc/Sputtern	Arc/Sputtern/ P3e™
Kamraméret	Ø750x600	Ø600x500	Ø700x1000	Ø600x500
Bevonattípus	TiN, TiCN, CrN	TiN, TiCN, TiAlN, AlCrN, WC/C	TiN, TiCN, TiAlN, AlCrN, WC/C	TiN, TiCN, TiAlN, AlCrN, WC/C, Al ₂ O ₃

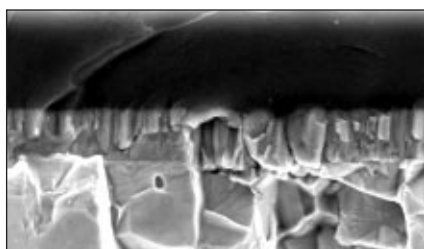
■ 7. ábra. Bevonatoló berendezések

7. Termékek

Az Oerlikon Balzers által kifejlesztett PVD bevonatok BALINIT® márkaneven kerülnek a piacra. A bevonatok három meghatározó jelentőségű tulajdonsággal rendelkeznek:

- extrém vékonyak: 3-6 µm, max. 20 µm (a hajszál vastagságának tizedrésze);
- kimagaslóan nagy keménységűek: 1000-3500 HV0,05 (felületi keménysége akár ötször nagyobb, mint az edzett acélé (700 HV));
- csökkentett súrlódási tényezőjűek: 0,15-0,4 (az acél acélon való súrlódásnál fellépő súrlódási tényezőnek (0,8) kevesebb mint a fele, negyede).

Egy bevonat metszete a 8. ábrán látható.



■ 8. ábra. Egy bevonat metszete

Az elmúlt 30 évben a bevonatolási technológia óriási fejlődésen ment keresztül, több kiemelkedő újítás és szabadság fűződik a Balzers névhez.

A szerszámokon alkalmazott bevonatok szempontjából a Balzers hat bevonat-

generációt különböztet meg (9. ábra).

Az 1980-as években kiállított elsőgenerációs TiN-bevonatos spirálfúró keménysége és kopásállósága az akkori elvárásokat messzemenően kielégítette. A gyártástechnológia további fejlődésével az 1980-as évek végére a szerszámok élettartamával szemben a felhasználók már nagyobb igényeket támasztottak, amelyek új bevonatok fejlesztésére ösztönözték a vállalatot. Ekkor mutatták be a második generációs TiCN bevonatot, amely kopásállóságában mintegy 30%-kal múlta felül a TiN bevonatot.

Az 1990-es években a HSC (High Speed Cutting), azaz a nagysebességű megmunkálás megjelenésével a szerszámokkal szemben támasztott követelményeket mindenképpen újra kellett értelmezni. Olyan bevonatra volt szükség, amely a nagy vágósebességnél fellépő jelentős hőterhelést is bírja. Kifejlesztették a harmadik generációs TiAlN bevonatokat, amelyek kiemelkedő oxidációállóságukkal ill. meglekéménységükkel tűntek ki a korábbi bevonatok közül.

A szakemberek felismerték, hogy a súrlódási tényező jelentős befolyással és hatással van a kopásállóságra. Ez adott ösztönzést a bevonatok negyedik generációjára irányuló fejlesztésekre. A WC/C ill. a DLC (Diamond Like Carbon) bevonatok súrlódási tényezője mintegy negyede csak az acél acélon fellépő súrlódási tényezőjének.

A századforduló idején már jól látszott,

hogy a megrendelések nagy része a hagyományos szerkezeti acélok feldolgozásától az erősen ötvöztött (pl. Ti és Ni) acélok, ill. az edzett szerszám- és formabetétek megmunkálása felé tolódik el. Annak érdekében, hogy a forgácsolás területén a jövőben is eleget tudjanak tenni e változás okozta követelményeknek, új bevonatokat fejlesztettek ki, amelyeknél a nagyobb szívósságra és oxidációállóságra helyezték a hangsúlyt: ekkor jelentek meg az ötödik generációs AlTiN bevonatok.

A bevonatok közül eddig a titánbázisú bevonatok (pl. TiAlN, AlTiN vagy TiCN) játszottak meghatározó szerepet, és jelentették a bevonatolás mércéjét. 2003-ban került piacra a Balzers által kifejlesztett teljesen új (titánmentes) bevonatgeneráció (G6) első terméke. Egyedülálló az új AlCrN-bázisú (BALINIT® ALCRONA) bevonatnál az eddig még soha el nem ért meglekéménység és oxidációállóság. Ezek a tulajdonságok mind hagyományos, mind nagy mechanikai és termikus igénybevétel melletti megmunkálás során példátlan kopásállóságot garantálnak a felhasználó számára. Pontosan erre van szükségünk, amikor a modern szerszámgépek nyújtotta lehetőségeket jobban ki szeretnénk használni.

2006-ban az Oerlikon Balzers a kutatások eredményeként teljesen új bevonatolási eljárással jelent meg a piacon. A P3e™ (Pulse Enhanced Electron Emission ejtsd: „pi-tripl-i”) technológia úgy egyesítette az α-alumínium-oxid tulajdonsága-

it a PVD ismert előnyeivel, hogy megsza-
dította a szerszámgyártókat és végfelhasz-
nálókat az eddigi korlátoktól. Az új mód-
szerrel a hagyományos bevonatok szinte
tetszőlegesen kombinálhatóvá váltak a ke-
mény alumínium-oxid alapú bevonatok-
kal, ill. 600 °C alatt sikerült létrehozni a
termikusan stabil α -alumínium-oxid bevo-
natot. A bevonatolási eljárás a nagytelje-
sítményű szerszámok fejlesztésében telje-
sen új lehetőségeket nyitott meg.

8. Alkalmazások

A szerszámok és a precíziós alkatrészek
teljesítményét és élettartamát a súrlódás
és a kopás jelentősen csökkenti. A BALINIT®
bevonatok növelik a kopásállóságot,
csökkentik a súrlódást. A bevonatolás ha-
tékony és gyakran az egyetlen módszer le-
het az adott alkalmazás problémáinak ja-
vítására tett kísérletekben.

A bevonatolás szempontjából alapve-
tően két alkalmazási csoportot különböztet-
ünk meg (10. ábra):

- szerszámok bevonatolása;
- precíziós alkatrészek bevonatolása.

A szerszámok esetében többnyire for-
gácsoló szerszámok, stancoló és hideg-
alakító szerszámok, műanyag fröccsöntő
és alumínium nyomásos öntőszerszámok
bevonatolásáról van szó.

A BALINIT® bevonattal ellátott szerszá-
mok a fém- és műanyag feldolgozás során
növelik az élettartamot, a termelékenysé-
get és javítják a minőséget, ill. csökkentik
a karbantartási időt és költségeket.

A precíziós alkatrészek esetében erőát-
viteli és hajtómű alkatrészek, belsőégésű
motorok és hidraulikus rendszerek elemei-
nek, valamint gépek, berendezések kopóal-
katrészeinek bevonatolását végezhetik el.

Járművekbe, gépekbe és különféle be-
rendezésekbe beépített, BALINIT® bevo-
nattal ellátott alkatrészek nagyobb ter-
helhetőséggel, megbízhatóbban, kisebb
energiafelhasználással és jóval tovább
működnek.

Olyan meghatározó jelentőségű fej-
lesztések váltak a bevonatolás segítségével
lehetővé, mint például a nagysebessé-
gű és szárazmegmunkálás, vagy a legmo-
dernebb dízelbefecskendező rendszerek
nagy terhelésű komponensei.

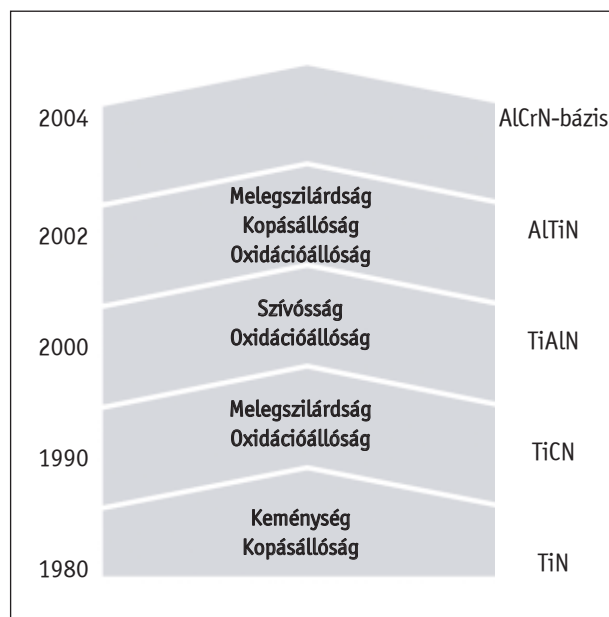
Az alapanyag helyes megválasztása és
az optimális kialakítású felület mellett a
megfelelő alkatrész- ill. szerszámbevonat
nagy mértékben hozzájárul a teljesítőképes-

ség és a gyártási költség-
gek optimalizálásához. Az Oerlikon Balzers tri-
bológiai bevonatai egyedi módon kombi-
nálják az alacsony súrlódási értéket, a nagy-
fokú kopásállóságot és a szélsőséges terhelhe-
tőséget. A bevonat növeli a korrózióálló ké-
pességet, emellett biokompatibilis és élel-
miszerek feldolgozásá-
hoz is engedélyezett.

9. Alumínium nyomá- sos öntőszerszámok bevonatolása

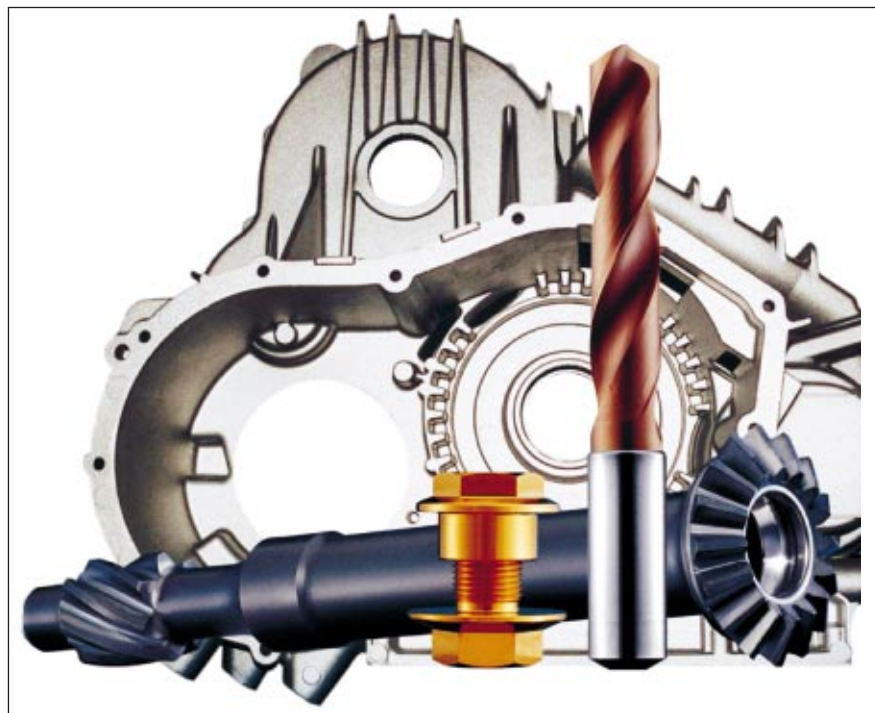
Napjainkban a gépek és
berendezések tervezé-
sénél a költség- és súlycsökkentés alapve-
tően fontos szempont. Ebből adódóan a tel-
jes konstrukcióra vetített könnyűfém (alu-
mínium, cink, magnézium) precíziós alkat-
részek aránya az utóbbi időben jelentősen
megnőtt, mind több és több munkát adva
ezzel a nyomásos öntéssel foglalkozó váll-
alatoknak.

A bonyolult öntőszerszámok magas
előállítási költsége miatt a gyártók rész-
ről egyre élénkebb érdeklődés mutatkozik

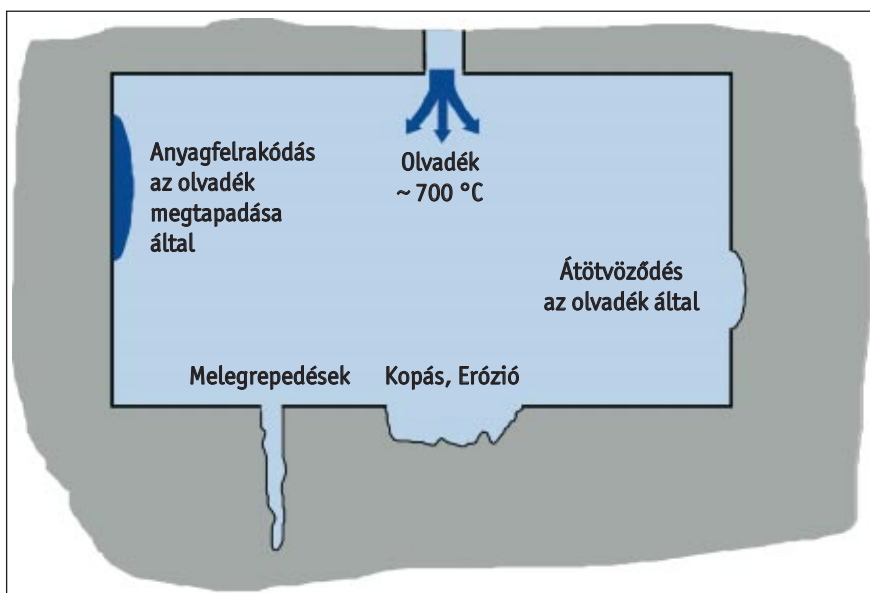


■ 9. ábra. A Balzers bevonatok fejlődése

meg olyan technológiák iránt, amelyek a
szerszámok élettartamának meghosszab-
bítására kínálnak megoldást. Az egyik,
már jól bevált alternatívát mindenképpen
a PVD bevonatolás adja, azonban a megfe-
lelő bevonat kiválasztását igen komoly
előkészítési munka előzi meg. A folyamat
első lépéseiben minden, a szerszámalap-
anyaggal és a hőkezeléssel kapcsolatos
információt össze kell gyűjteni. A rosszul
megválasztott alapanyag és a helytelen



■ 10. ábra. Bevonatolt szerszámok és alkatrészek



■ 11. ábra. Nyomásos öntőszerszámok elhasználódásának esetei

hőkezelési technológia sokszor beszűkíti az alkalmazható bevonattípusok körét, bizonyos esetekben akár magát a bevonatolást is megakadályozza.

Ezt követően a szerszámon fellelhető azon kopásokat és hibákat kell feltérképezni, amelyek normál működtetés mellett is annak viszonylag korai elhasználódásához vezethetnek, valamint élettartamát negatívan befolyásolhatják (11. ábra).

Megfelelő szerszámalapanyag és hőkezelés mellett, a szerszámmal kapcsolatos problémák és a bevonatok elvárt tulajdonságainak (pl. a bevonat keménysége, kopásállósága, súrlódási tényezője, kémiai tulajdonságai, a bevonatolás hőmérséklete stb.) ismer-

retében az adott alkalmazáshoz legmegfelelőbb bevonat kiválasztható.

A bevonatolt szerszám előnyei a következők:

- A bevonat nagyfokú keménysége, termikus és kémiai stabilitása javítja a gazdaságosságot és a termelékenységet még a legigényesebb felhasználási körülmények között is.

- A bevonat védi a magokat, a szerszám-betéteket és a formaüreget a kopás és az erózió ellen. A hosszabb élettartam, a kevesebb gépleállítás, az alacsonyabb szerszám-költség, valamint a csekélyebb karbantartási és tisztítási ráfordítás következtében csökkennek a gyártási költségek (12. ábra).

- A melegrepedés vagy az olvadék fel-tapadása következtében fellépő felületi hibák csak jóval nagyobb lövésszám után lépnek fel.

- A bevonat gátolja az olvadék szer-számra történő feltapadását és átötvöző-dését. A könnyebb öntvényeltávolítás és a kevesebb kilökő ill. magtörés növeli a gyártási biztonságot.

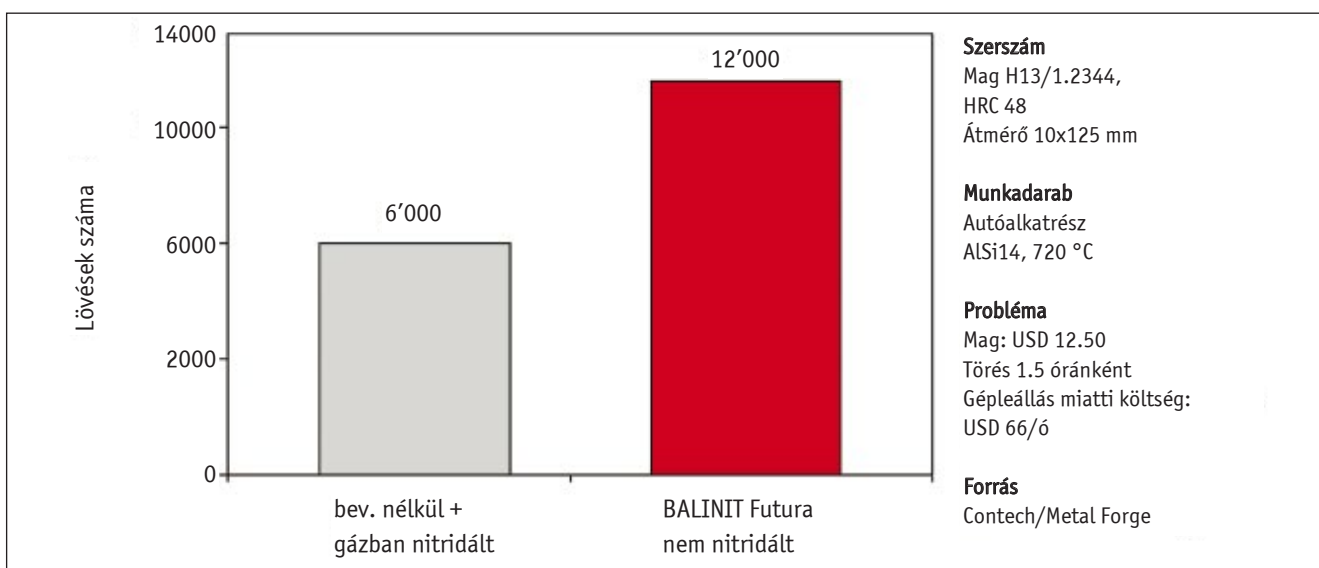
10. Jövőkép

Az ipar és a PVD bevonatolás-technológia fejlődése szorosan összefügg, némely esetekben a PVD ad lendületet pl. a forgácsoló szerszámok teljesítményének növeléséhez, máskor az ipar ad újabb kihívásokat és feladatokat a PVD bevonatok innovációjához.

A fejlesztés nem áll meg, a környezet-védelemre, az egészségvédelemre, az energiafelhasználás csökkentésére vagy alapesetben csak a költségcsökkentésre irányuló legújabb törekvések még inkább új dinamikát adnak a kutatásokhoz. Az új alkalmazási területek sokszor célzott, irányított fejlesztéseket is generálnak.

Egy adott projekt megvalósíthatósága azonban nagymértékben a tervezők kompromisszumkészségén vagy éppen a költségtényezőkön múlik.

A BALINIT® bevonatolási technológiáról, valamint a Balzers átfogó termék- és szolgáltatási ajánlatáról további információ a www.oerlikon.com/balzers/hu honlapon található.



■ 12. ábra. Alkalmazási példa nyomásos öntőszerszám bevonatolásásra

BALÁZS TIBOR – DOBRÁNSZKY JÁNOS

Az implantátumok fémes bioanyagai

Az anyagtudományi kutatás-fejlesztés egyik fontos mozgatórugója a folyamatosan megújuló és bővülő emberi gyógyászati célok elérésére való törekvés. Ennek hatására fejlődnek látványosan a bioanyagok, amelyek egyik fontos csoportját képezik a fémes anyagok. A cikk bemutatja az emberi testbe beültetésre kerülő eszközök fémes bioanyagainak néhány fontos csoportját, a rozsdamentes acélokat, a kobalt- és a titánötvözeteket, azok anyagtulajdonságainak és felhasználói sajátosságainak kapcsolatát.

Bevezetés

Az emberek gyógyításában a manapság „implantátum” gyűjtőnévvel illetett eszközök alkalmazásáról évezredek óta beszélhetünk. Az implantátumok és az alkalmazásukhoz szükséges eszközök, szerszámok előállítására szolgálnak a bioanyagok. A réz és a bronzot egészen a 19. század közepéig használták ilyen célra, de a biológiai összeférhetlenségük felismerésével az arany, az ezüst, valamint az elefántcsont lett a mérgező réz helyett az eredményes kezelések anyaga. Kifejlesztésük után egyre jelentősebb szerepet kezdtek játszani a korrózióálló acélok és más ötvözetek, majd a kerámiák: az első „modern” csípőizületi protézist bő hetven évvel ezelőtt készítették, a Vitallium névre keresztelt kobaltötvözetből. 1970 után kezdték el kutatni az élő szövetekkel semleges kerámiák alkalmazhatóságát.

A tapasztalatok azonban rámutattak arra is, hogy az implantátumok anyagának gyakran nagyon is aktív kapcsolatba kell kerülnie az élő szövettel ahhoz, hogy az implantátum tartósan be tudja tölteni feladatát. Ez a felismerés vezetett az első bio-

aktív anyagok – a bioüveg és a hidroxipapatit – kifejlesztéséhez. A szív- és érrendszeri betegségek sebészeti (40 éve), majd invázív radiológiai (25 éve) terápiájának térhódítása pedig szorosan összefügg azazal, hogy a diagnosztikai berendezések mellett robbanásszerű fejlődés kezdődött a polimer bioanyagok terén.

A definíció igényével: a „bioanyag” az orvosi eszközökben használt olyan élettelen anyag, amely ki van téve a biológiai rendszerrel való kölcsönhatásnak [1], de elméletileg minden anyagot bioanyagnak tekinthetünk, amelynek orvosi alkalmazásban szerep jut. A kifejezeten a bioanyagokra irányuló kutatások felségterülete a bioanyag-tudomány. Az élő szervezettel való kölcsönhatások minősítésére vezettek be egy, a bioanyagokra vonatkozó alapvető fontosságú fogalmat: ez a biokompatibilitás. A biokompatibilitás – magyarul nevezhetjük bioösszeférhetőségnek – mint anyagtulajdonság azt fejezi ki, hogy az élő szervezettel való kölcsönhatásban az anyag orvosilag kedvezően viselkedik. Számszerűsíthető jellemzése, mérése azonban mindmáig nincs megoldva, és igen valószínű, hogy általános értelemben nem is lehetséges.

Dobránszky János a BME-n szerzett gépészmérnöki oklevelet 1986-ban. 1987-től az MTA-BME Fémtechnológiai Kutató-csoportban (BME Anyagtudományi és Technológia Tanszék, ATT) dolgozik, mint kutatómérnök.

Balázs Tibor 2005-ben szerzett gépészmérnöki oklevelet a BME-n. Jelenleg a Biotronik Hungária Kft.-nél dolgozik az elektroterápiás eszközök mérnök-szakértőjeként, és PhD-hallgató a BME ATT-n.

A továbbiakban áttekintjük a bioanyagok néhány jellegzetes csoportját, a bioanyag mivoltukból fakadó sajátosságait és főbb alkalmazásait, de előbb érdemes néhány jellemző adattal rámutatni a piaci dimenziókra. 2000-ben az USA 1 400 milliárd dolláros egészségügyi piacán 77 milliárdot tett ki az orvosi eszközök és 9 milliárdot a bioanyagok (gyártási alapanyagok) forgalma. Az ortopédiai implantátumok és a kardiovaszkuláris terápia eszközei egyaránt 5-6 milliárd dolláros piacot képviseltek [2]. Ha termékeket nézünk, 30 millió kontaktlencse, 100 ezer szívbillentyű, 400 ezer pacemaker, 200 millió katéter, másfélmillió koszorúér-tágítótét (sztent), 250 ezer csípőprotézis és csaknem egymillió fogászati implantátum került felhasználásra. S végül még egy üzleti adat: 2008-ra az USA egészségügyi piaca a 2000. évinek a 171%-ára növekedett [3].

A bioanyagok történetéből

Ma már teljesen természetes, hogy valamely új anyag bioanyagként való alkalmazhatóságát komoly tudományos kutatás előzi meg, de az emberiség történelme során ez csak alig néhány évtizede van így. Évezredek óta a bioanyaggá válás legjellemzőbb kezdetét az jelentette, hogy a harci sérültek túlélték egy lövedéknek az el nem távolítását. A kilencezer évesre becsült „kennewicki ember” maradványaiban a csípőcsontba fúródott lándzsahegyet találtak, és a világháborúk sebesültjei között is azok lettek a tartós túlélők, akik rozsdamentes acél repeszdaraboktól sérültek meg. A maják kagylóhéjból készült fogpótlásokat használtak, és a galliai leletek is fejlett fogpótlási gyakorlatról tanúskodnak. A sebek összevarrására fémzálatokat (aranyat) először a görögök alkalmaztak. Kétszáz éve ólomhuzallal, 1849-ben ezüsthuzallal végeztek sikeres operációkat, no-

ha ekkor még a sterilizálás jelentőségét sem ismerték.

A kontaktlencse elvét Leonardo da Vinci éppen ötszáz éve dolgozta ki; az első üveg kontaktlencse 150 éve született meg, míg a műanyag (PMMA) lencsét 70 éve fejlesztették ki. Az első biokompatibilitási kutatásokat 1829-ben végezte *H. S. Levert*: arany, ezüst, ólom és platina próbadarabokat ültetett be kutyákba. 1886-ban nikkelezett csontörögztető acélszavakat vizsgáltak. Az első csípőprotézist 1891-ben ültették be (sikertelenül), anyaga elefántcsont volt. Az 1920-as években többen publikálták a fémek szöveti reakcióira vonatkozó eredményeiket: vas, acél, Cu, Mg, alumínium-ötvözet, Zn, Ni, Au, Ag, Pb, Cr-Ni-Mo rozsdamentes acél és Co-ötvözetek voltak a vizsgált anyagok. Az első „igazi” bioanyagot, a „Vitalium” nevű kobaltötvözetet (65Co-30Cr-5Mo) 1929-ben fejlesztették ki fogászati célból.

A műanyagok mint bioanyagok használata a nylon sebvarrófonalként való alkalmazásával kezdődött 1941-ben, bár a celofán érsebészeti alkalmazásáról már korábban is írtak. A nylon (poliamid), a polietilén, a celofán, az akrilüvegek (plexi), a teflon és a többi, eredetileg általában a repülőgép- és autógyártás céljára kifejlesztett anyagok – mint pl. a szilikonok, a poliuretánok, a titán és a rozsdamentes acél – is gyorsan bekerültek a bioanyagok közé a II. világháború után.

A bioanyagok csoportosítása

A bioanyagokat a klasszikus szakmai rendszerezés szerint öt fő csoportra oszthatjuk: biopolimerek, fémes bioanyagok, biokerámikák, természetes bioanyagok, és amennyiben két vagy több anyagcsoport tagjai társulnak egy alkalmazásban, társított bioanyagok vagy biokompozitok. Az utóbbi évtizedben azonban olyan jelentősen fejlődött és specializálódott a bioanyagok felhasználása és választéka, hogy a hagyományos osztályozás mellett indokolt egy fino-

mabb rendszerezést is alkalmazni, amelyben a következő bioanyagcsoportokat különítjük el:

- polimerek, pl. polietilén-tereftalát, poliamid, polimetil-metakrilát;
- szilikon bioanyagok, pl. polidimetil-sziloxán (kontaktlencse), szilikongumi;
- orvosi szálak és textíliák, pl. poliészter, felszívódó szálak (PGA, PDS), alginátok;
- hidrogélek, pl. polivinil-alkohol, polietilén-glikol, PNVP, PHEMA;
- környezetérzékeny biopolimerek, pl. polivinil-metiléter, metilcellulóz;
- felszívódó, lebomló anyagok, pl. poliglikolsav, politejsav, polikaprolakton;
- természetes anyagok, pl. selyem, kollagén, zselatin, cellulóz, DNS;
- fémes bioanyagok, pl. vasalapú ötvözetek, Co-ötvözetek, titánötvözetek;
- kerámikák, üvegek, üvegkerámikák, pl. alumínium-oxid, kalcium-foszfát;
- pirolitikus karbon (PyC);
- kompozitok;
- tapadásmentes felületek, pl. PEG (polietilén-glikol);
- textúrás és porózus anyagok.

Fémes bioanyagok

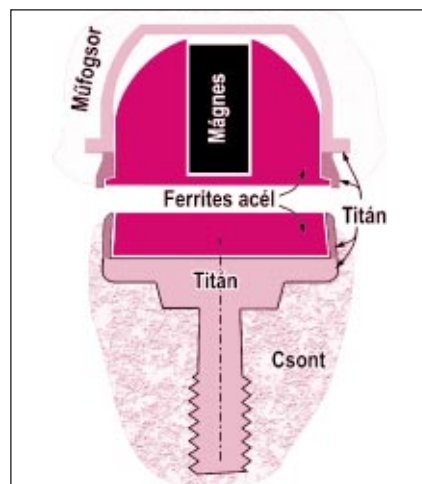
A bioanyagok között mind orvosi, mind gazdasági szempontból igen nagy jelentőséget képviselnek a fémes anyagok. A sebészeti és egyéb implantátumok anyagaira világszerte saját szabványokat dolgoztak ki, amelyek a rendes ipari felhasználásoktól némileg szigorúbban rögzítik a kémiai összetételre, mikroszerkezetre és mechanikai tulajdonságokra vonatkozó előírásokat. Magyarországon az MSZ EN 12006 szabványsorozat foglalja össze a szívbillentyű-helyettesítők, az érprotézisek, az endovaszculáris eszközök, az MSZ EN ISO 14602 a csontösszekötő implantátumok, az MSZ EN ISO 21535 a csípőizületet helyettesítő implantátumok, az MSZ EN ISO 25539-2 a vaszkuláris sztentek (értágító betétek) anyagaira és jellemzőire vonatkozó előírásokat; szinte mindegyik szabvány

legújabb kiadása 2009-ben jelent meg.

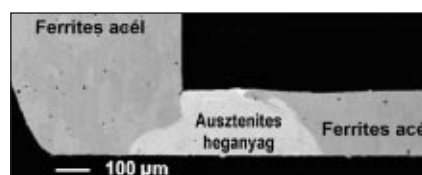
A fémes bioanyagok körében a rozsdamentes acélok, a kobaltötvözetek, a titánötvözetek, az amalgámok és a nemesfémötvözetek jelentik a legnagyobb csoportokat. A nemesfémötvözetek és az amalgámok bemutatása nem igazán fér bele ennek a cikknek a kereteibe. A Ti- és Co-ötvözetekre is csak rövid említés szintjén van mód; ám utóbbiak vonatkozásában nem éri veszteség a tisztelt olvasót, ugyanis egy kitűnő Kohászat-cikk részletesen foglalkozott a kobaltötvözetek bioanyagok alkalmazásaival [4], és a titánról is talál az olvasó részletes ismertetést e lap 2004/1-es számában. A továbbiakban tehát főleg a fennmaradó anyagcsoportot – rozsdamentes acélokat – tekintjük át.

Ferrites rozsdamentes acélok

A rozsdamentes acélok közül implantátumok anyagaként korántsem csak az ausztenites acélokat alkalmazzák, jóllehet ezek a legismertebbek és a leginkább elterjedtek. A ferrites korrózióálló acélok bioanyagként való alkalmazásának egyik legnagyobb területe a fogászati klinikai gyakorlat, ahol versenyeznek egymással a beültetett és a kivehető fogpótlások. A mágneses rögzítésű műfogsorok gyártásához



1. ábra. „Maxi Magnet” típusú, mágneses rögzítésű műfogsor rögzítési elve



2. ábra. Lézersugaras hegesztéssel lezárt burkolat mágneses műfogsoron

1. táblázat. Fogászati célú ferrites rozsdamentes acél bioanyagok kémiai összetétele

Jelölés	MSZ EN jel	C	N	Cr	Ni	Mo	Egyéb
AISI444	~1.4521	0,025	0,035	19	1	2	0,6 Nb+Ti
XM27	-	0,002	0,01	26	<0,15	2	0,02 Cu
447J1	~1.4592	0,01	0,015	30	-	2	
AUM20	-	0,01	-	19	-	2	0,2 Ti
AISI 416	1.4005	0,12	-	13	-	-	S > 0,15
AISI 630	1.4542	0,07	-	17	4	-	4 Cu, 0,4 Nb+Ta

felhasznált anyagok között fontos feladatot töltenek be a ferrites korrózióálló acélok. Acélköpeny védi a korróziótól a keménymágnesség, valamint mágneskoszorúként szolgál, növelve a mágneses rögzítőerőt, amint azt az 1. ábra mutatja [5]. Ez utóbbi hatást nem tudják biztosítani az ausztenites acél- vagy titánötvözet burkolatok, amelyek szintén elterjedtek. A rögzítést biztosító keménymágnesség burkolatát több elemből hegesztik össze lézersugaras mikrohegesztéssel (2. ábra).

A mágneses rögzítésű műfogsoroknál alkalmazott acélok jellemző ötvözettségét az 1. táblázat adatai mutatják. A Ti-nal és Nb-mal stabilizált 444-es jelű ferrites acélt esetenként a szuperferrites acélok csoportjába sorolják, ugyanis a 2% Mo-tartalma miatt kiváló a lyukkorrózióval szembeni ellenállása. A 26% Cr-tartalmú szuperferrites acélt az amerikai Allegheni Ludlum fejlesztette ki, és a SUS XM27 változatot a Nippon Koshuha Steel gyártja. A 447J1 acél a nikkelmentes szuperferrites acélok Japánban gyártott változata. Az AUM20 márkanévű acélt az Aichi Steel fejlesztette ki, érdekesége, hogy a Mn-tartalma is csak 0,02%.

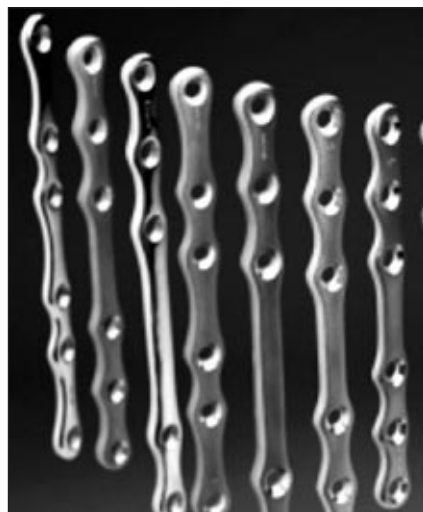
Az AISI 416 (1.4005) acél valójában martenzites korrózióálló acél, a legjobban forgácsolható rozsdamentes acélként emlegetik, amely technológiai sajátosságot a növelt S-tartalom is javítja. A 630 (1.4542) acél szintén nem a ferrites acélok csoportjába tartozik, hanem a kiválóan keményedő rozsdamentes acélok leginkább elterjedt típusa.

A mágneses fogorrögzítők lyukkorróziós hajlamát 0,9%-os NaCl-oldatban ellenőrizték japán kutatók, és az elvégzett vizsgálatok szerint az összes, az 1. táblázatban megadott ferrites acél lyukkorróziós potenciálja nagyobb volt, mint a 316LVM (1.4441) típusú, Mo-nel is ötvözött ausztenites acélé [6], amely talán a leginkább elterjedt bioanyag. Hasonló eredményt mutattak azok a Hanks-féle fiziológiás oldatban végzett biokompatibilitási vizsgálatok is, amelyeket nióbiummal stabilizált 28Cr-4Ni-2,5Mo (1.4575) típusú szuperferrites acélon, 21Cr-2,5Mo-5,5Al-0,4Y-0,4Ti ötvöztetésű Incoloy MA956 ötvözetben végeztek [7].

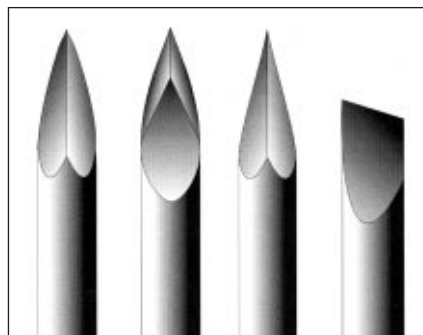
Ausztenites rozsdamentes acélok

A rozsdamentes acélok körében bioanyagként is a legismertebbek az ausztenites acélok. Alaptípusuk, a 0,1% C-, 18,5% Cr-,

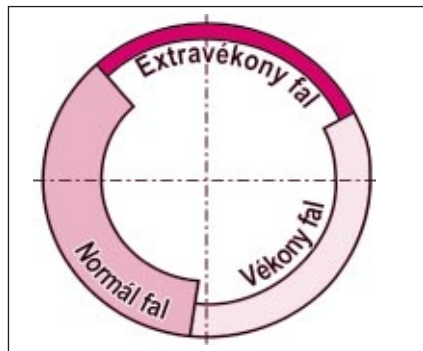
8,5% Ni-tartalmú AISI 302-es (1.4319) bioanyagként való alkalmazása igen széles körű. Orvosi tűk, injekciós tűk, vérvételi lándzsák, katéterek, vezetődrótok, rugók anyagaként elterjedten használják az olcsósága mellett azért is, mert a szilárdsága – a nagyobb széntartalomnak köszönhetően – meghaladja az AISI 304 (1.4301) és a 304L (1.4306) típusokét. A korróziós vizsgálatok szerint 0,9%-os NaCl-oldatban mindössze néhány nap alatt bekövetkezik a



■ 3. ábra. Csontrögzítő lemezek 316LVM (1.4441) típusú acélból



■ 4. ábra. Vérvételi lándzsák csúcsának különféle típusai



■ 5. ábra. Az ovostechnikai csövek falvastagságosztályainak vázlata

304-es acél lyukkorróziója, ezért ma már csak egyszer használatos eszközöket és nem beültetésre szánt rögzítőket gyártanak belőle. A 18Cr-8Ni ötvöztetésű acélt azonban évtizedeken át, pl. a 3. ábrán látható ortopédsebészeti implantátumok anyagaként is alkalmazták az 1926-os kipróbálása után. Egy 40 év után explantált Sherman-féle csontrögzítő lemezen semmilyen korróziós károsodást nem észleltek [8].

A kisebb széntartalmú ($C < 0,08\%$) és némileg nagyobb Cr- és Ni-tartalmú ausztenitesacél-típusok alkalmazási területe ma már szintén kizárólag az orvosi eszközök gyártása: injekciós tűk, kanülök, katéterek, vezetődrótok anyagaként használják, az esetek döntő többségében cső vagy huzal formában (4. ábra). A csőtermékek méretválasztéka 0,30 mm-es külső átmérőnél és 0,08 mm-es falvastagságnál kezdődik.

A gyártók közötti verseny egyik fontos területe a méretpontosság és a belső felület minősége, amelyek különösen a vékony falú csöveknél (5. ábra) jelentenek nagy kihívást a gyártók számára, igaz, nem elsősorban ezeknél az anyagoknál, hanem az implantátumként felhasznált csöveknél. A volfrám-karbid anyagú úszó tűskével végzett hideghúzás biztosítja a legjobb minőséget.

A kristályhatármenti korrózió elkerülése érdekében a leghatékonyabb megoldásnak a széntartalom csökkentése bizonyult. Mintegy 25-30 éve a kohászati technológiák fejlődésével világszerte elterjedt az 1954-ben kidolgozott AOD-eljárás alkalmazása, így az extrakis C-tartalom biztosítása általánossá vált. Az ausztenites acél bioanyagok körében is sokat javult az implantátumok bioösszeférhetősége a kisebb C-tartalmú és a vákuumos átolvasztás révén kisebb szennyezőtartalmú acélok kifejlesztésének köszönhetően. A C-tartalom 0,02%, a foszfortartalom 0,02%, a kéntartalom 0,01% alá csökkentése általánosan megfigyelhető. Az elterjedtebb amerikai szabványos jelölésükkel 304L, 304LV típusú acélokat az olcsóbb fogászati alkalmazásokban már kivehető protézisek anyagaként is alkalmazzák, nem csak orvosi eszközök gyártására.

A jelenlegi orvosi gyakorlatban az implantátumok anyagaiként használt ausztenites acélok a Mo-ötvöztetésű 1.4571-es típussal kezdődnek, amelyeknek elterjedt amerikai szabványos jele: AISI 316L. A bioanyagként felhasznált típusokat vákuumos átolvasztással kezelik, és ez az acél jelölésében is megjelenik: 316LVM (1.4441). Ez az acél 2,5% Mo-t is tartalmaz, és ennek



■ 6. ábra. Csontcsavarok és csontlemezek

köszönhetően jelentősen nagyobb a lyuk-korrózióval szembeni ellenállása a Momentes típusokhoz képest. A homogén ausztenites szerkezetet a nikkel mennyiségének 13-14%-ra növelése biztosítja. Tekintettel a fokozott korrózióállóságára és az ebből adódóan jobbnak ítélt biokompatibilitására, a 316LVM acélt nyugodtan nevezhetjük a hagyományos implantátumanyagok vezérképviselőjének. Sebvarróhuzalként (0,07 mm vastagságtól), sebhorgok, tágitók, kampók, lapocok, csonttrögzítő csavarok, csontlemezek, tűk stb. anyagként széles körben használják (6. ábra). A csípőprotéziseknek talán mindmáig a legelterjedtebb anyaga: szilárdsága ugyan mérsékelt, de szívóssága, önthetősége, alakíthatósága, forgácsolhatósága, elektropolírozhatósága mind kiváló. A kifáradás azonban ennek ellenére bekövetkezhet, mint pl. a 7. ábrán látható csípőprotézisnél [9].

Az ausztenites acél implantátumoknál – az ortopédsebészeti bioanyagok esetében különösen – fontos szerepet játszik a szemcseméret, amelynek csökkenése növeli a szilárdságot is és a kifáradással szembeni ellenállást. A szemcseméretre lényeges hatást gyakorol a gyártási folyamat: a kristályosodás, a hidegalakítás, a lágyítás, az újrakristályosodás. A hidegalakítás nagyon erősen kihat a szilárdságnövekedésre (8. ábra). A csontcsavaroknál, csonttrögzítő lemezeknél a hidegen húzott vagy hengerelt előgyártmányok szemcséi erősen texturáltak, ami előnyös a főtérhelés elviselésére.

A hidegalakításnak ugyanakkor lehet egy másik lényeges hatása is, nevezetesen az alakítási martenzit kialakulása a homogén ausztenites szerkezetben. A legnyil-



■ 7. ábra. Fáradásos törés 316LVM anyagú csípőprotézis szárán

vánvalóbban úgy észlelhető a martenzit kialakulása, hogy a lágyított állapotban paramágneses anyag mágnesezhetővé válik. A martenzitképződéssel az M_d határhőmérséklet alatt kell számolni, amely 30%-os alakításra számszerűen jól becsülhető a Nohara-formulával [10]:

$$M_{d30} = 551 - 462 \times C\% - 9,2 \times Si\% - 8,1 \times Mn\% - 13,7 \times Cr\% - 29 \times Ni\% - 18,5 \times Mo\% - 29 \times Cu\% - 68 \times Nb\% - 462 \times N\% - 1,42 \times (ASTM\text{-szemcseméret} - 8)$$

Az implantátumok gyártásának hagyományos technológiái az öntészet, a képlékenyalakítás és a forgácsolás, viszont jelentős technológiai fejlődésnek is szemtanúi lehetünk a közelmúltban. A nagyméretű darabok gyártásánál a porkohászati technológiák fejlődtek jelentős mértékben. A porkohászati technológiák elsősorban a kobaltötvözetek és a Ti-Ni ötvözetek terén kaptak nagy gyakorlati jelentőséget, míg az ausztenites acélok esetében jóval

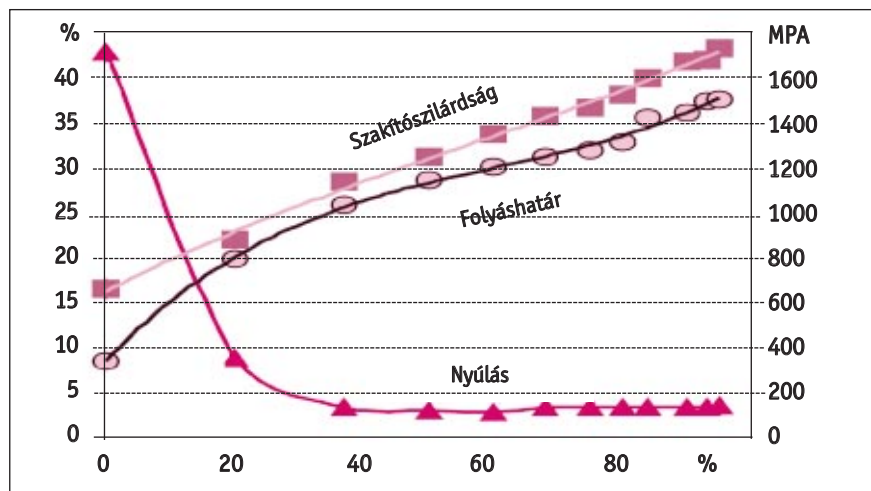
kevésbé, ugyanis a porozitás miatt a korrózióállóság csökkenése tapasztalható. Ez alól kivételek a csövek, ahol a csőhúzás okozta nagyon jelentős alakváltozás megszünteti a porozitást. Kutatásokat azonban végeznek porkohászati gyártású implantátumokkal is: a porózus csípőprotézisfejek kopása lényegesen csökken a hagyományos felületűekhez képest a pórusokba bevitt biokompatibilis kenőanyag (karboximetil-cellulóz, CMC) jóvoltából [11]. Ám a porozitás okozta korrózióállóság-csökkenés miatt még mindig kerülnek az implantátumok porkohászati gyártását ebből az anyagból [12].

Egy másik precíziós technológia, a lézersugaras vágás nagy jelentőséget kapott az érimplantátumok gyártásában. Az alig 0,1 mm falvastagságú csövek vágthatóságát és a belőlük készült értágítóbetétek mechanikai viselkedését egyaránt erősen befolyásolja a szemcseméret. A 9. ábra jól szemlélteti a különbséget.

Érdekes fejlesztési cél a gyógyszerartó és gyógyszerkibocsátó képesség biztosítása porózus fémfelületekkel. Az utóbbi években több szabadalom is született a nagy sebességű nyomásos öntéssel vagy félszilárd fázisú öntéssel előállítandó, a gyógyszerkibocsátó értágítóbetétek (sztent) alapanyagául szolgáló porózus csövek gyártására vonatkozóan [13].

A sztentek anyagául szolgáló, jellemzően 1,200-1,500 mm átmérőjű és 0,090-0,150 mm falvastagságú csövekre a gyártók 3,5-5,0% átmérő- és vastagságtűrést, illetve 7-10% központossági tűrést garantálnak.

A hagyományos ausztenites acélok – pl.



■ 8. ábra. Az AISI 316L (1.4571) ausztenites acél mechanikai tulajdonságai a hidegalakítás mértékének függvényében



■ 9. ábra. Durva- és finomszemcsés cső; a falvastagság 120 μm

a 18Cr-14Ni-2,5Mo és a 18Cr-12,5Ni-2,5Mo ötvözesűek – egyik nagy hátránya a kis folyáshatár és a nagyon jelentős nikkelkibocsátás, ami szövődményeket okoz az emberek csaknem 10%-ánál. A szilárdságnövelés és a Ni-tartalom csökkentése szándékával fejlesztették ki a csökkentett Ni-tartalmú, mangán- és nitrogénötvözesű típusokat, pl. a 22Cr-12,5Ni-5Mn-2,5Mo és a 21Cr-10Ni-3Mn-2,5Mo acélokat, amelyek N-tartalma 0,10-0,16%. A nitrogén szerepét hat tényezőre lehet bontani:

- A lyukadási folyamat kezdetén NH₄-iont képezve a H-nel, gátolja az oxidációt.
- Stabilizálja a felületi védőréteget az anionok (pl. Cl) hatása ellen.
- Nitrátionokat képezve gátolja a lyukkorrozíós folyamat kezdeti szakaszát.
- Stabilizálja az ausztenit fázist.
- Növeli a kritikus lyukképződési áramot.
- Gátolja a hidrogén-keltette ϵ -fázis képződését, javítva a hidrogénes támadással szembeni ellenállást.

Az 1990-es évek közepének acélfejlesztési alapelve az volt, hogy a nitrogén erős ausztenitképző lévén alkalmas arra, hogy a nikkelt akár teljesen is kivonják. A nitrogéntartalmat esetenként 1,0% fölé is növelve igazán különleges acélokat fejlesztettek ki [14]. E nagy szilárdságú, szívós, jól keményedő, kitűnő korrózió- és kopásálló, ún. TWIP acélok csoportjai a következők:

- 18Cr-18Mn-2Mo-0,9N
- 15Cr-12Mn-4Mo-0,9N
- 16Cr-11Mn-5Mo-0,9N
- 17Cr-10Mn-3Mo-0,5N-0,2C
- 23Mn-22Cr-1Mo-1,1N (ASTM F2229).

A Ni-mentes, N-ötvözesű ausztenites acél alakítás hatására sem mágneseződ-

nek, vagyis nem képződik bennük alakítási martenzit jelentős mértékű hidegalakítás hatására sem.

Összegezve az ausztenites acélok fejlődését, elmondható, hogy egy emberöltő alatt hatalmas fejlődés ment végbe csak ebben az egyetlen anyagcsoportban. 35-40 éve váltották fel az extrakis C-tartalmú, Cr-Ni-Mo acélok az első generációs típusokat. Már ekkor megkezdődött a növelt N-tartalmú változatok fejlesztése. A REX 734 (X4CrNiMnMoNbN 21-9-5-2) típus az 1980-as években vált az ortopédsebészeti implantátumok első számú anyagává. Ma is széles körben használják, pl. a hazai implantátumgyártók is ezt az ISO 5832-9 szabványban „High-N” néven elfogadott anyagot. 10-12 éve pedig megszülettek a Ni-mentes ausztenites acélok, amelyek azonban még alkalmazásra várnak.

Röviden a kobaltötvözetekről

A kobaltötvözetek közül bioanyagként a következő ötvözet típusokat alkalmazzák:

- Co-Cr-Ni-Mo ötvözet: ASTM F1058 vagy Elgiloy, Phynox, Conichrome (1950-ben szabadalmaztatták);
- Co-Ni-Cr-Mo-Ti ötvözet: ASTM F562 vagy MP 35 N, Biophase, Protasul-1;
- Co-Cr-Mo ötvözet: ASTM F75 vagy Vitalium, Haynes Stellite 21, Zimaloy;
- Módosított Co-Cr-Mo ötvözet: ASTM F799.
- Co-Cr-W-Ni ötvözet: ASTM F90 vagy Haynes Stellite 25, L-605.

Az F75 ötvözet jellegzetes felhasználása csípőprotézisek területére esik, és főként a precíziós öntés a gyártástechnológia. Az öntött termékekben három tipikus probléma fordul elő:

- A Co-dús alfa fázisban interdendrites M23C6 karbidok jönnek létre, és emiatt a Cr-szegény zónákban anódos helyek alakulnak ki, teret adva a lyukkorroziónak.
- Szemcsedurulás a lassú hűlés miatt, aminek szilárdságcsökkenés a következménye. A szemcsék mérete akár a több millimétert is elérheti.
- Öntési hibák képződése; a zárványok, repedések képződési helyek, makro- és mikroporozitás egyaránt rontja a szilárdságot és a kífáradással szembeni ellenállást.

A fémporok nagy hőmérsékletű sajtolásával (HIP) a szemcseméret 10 mikron alá csökken. Ennek köszönhetően a folyáshatár 440-500 MPa-ról 840 MPa-ra, hidegalakítás után pedig akár 1 660 MPa-ra nő, amely ki-

válásos keményítéssel még növelhető is.

Az F799 alapvetően egy módosított F75, amelyet az öntés után melegkövácsolással alakítanak, ezért úgy is emlegetik, hogy termomechanikus Co-Cr-Mo ötvözet. A mikroszerkezete ezért átkovácsolt, amely során a felületen középpontos (FCC) kristályrács nyírás okozta átalakulással hexagonális ráccsá (HCP) alakul. Ez a szerkezet hasonló ahhoz, mint amely az MP35N (F562, Biophase) típusban is kialakul. A kífáradási határ, a szilárdság kétszer akkora, mint az öntött szerkezetű F75 ötvözeté.

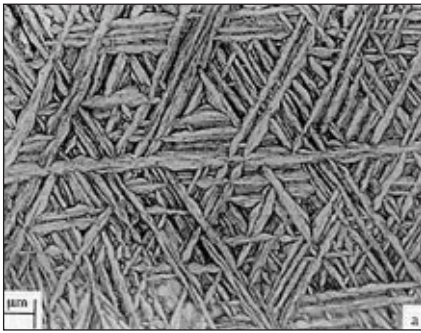
Az F90 (HS25) ötvözetben a W és a Ni a forgácsolhatóságot javítja. Hidegalakítással erősen nő a szilárdság.

Az MP35N (az MP jelentése: multiple phase) ötvözetre a többfázisú, szabályozott mikroszerkezet jellemző, amelyet termomechanikus kezeléssel biztosítanak. A homogén FCC-fázis martenzites átalakulással HCP-vé alakul (419°C). A termomechanikus kezelés 50%-os alakítással jár, amely erősen megnöveli az FCC→HCP átalakulás aktiválási energiáját, így a HCP-fázis finom lemezek formájában az FCC szemcséken belül rendeződik. A 10-100 nm-es lemezek képződése nagy diszlokációsűrűség-növekedést okoz. Emellett még a klasszikus kiválásos keményedés is működik, Co₃Mo kiválások formájában a HCP-lemezekén. Valóban többfázisú anyagról van tehát szó.

Röviden a titánról mint bioanyagról

Bioanyagként hagyományosan kétféle titánötvözetet alkalmaztak: a kereskedelmi tisztaságú titánt (ASTM F67), amely a fogászati implantátumok elterjedt anyaga, valamint az extrakis mennyiségű interstíciós ötvözőt tartalmazó, kétfázisú, 6% Al-t és 4% V-t tartalmazó titánötvözetet (ASTM F136). Az akár 0,10% C-t, 0,05% N-t és 0,40% O-t is tartalmazó titán mechanikai tulajdonságaira erősen kihat az említett interstíciós szennyezők nagy mennyisége. A szilárdságnövekedés mellett különösen hasznosnak mondható a kífáradással szembeni ellenállás akár 2-3-szorosára való növekedése az oldott O-tartalommal.

Az F67 szabványba sorolt négyféle titántípus (Grade 1 ... Grade 4) homogén α -fázist alkot, kristályrácsa legsűrűbben rakott hexagonális rács (HCP). Folyáshatára 30%-os hidegalakítás után sem éri el az 500 MPa-t, a kífáradási határa pedig a 300 MPa-t. Érdemes megjegyezni, hogy a 0,18%-ban maximált oxigéntartalmú



■ 10. ábra. Kosárfonat jellegű szerkezet

Grade 1 minőségű titánnak alig 170 MPa a folyáshatára, míg pl. a Grade 4 minőségű titánnak a kifáradási határa eléri a 430 MPa-t. A tiszta és az ötvözött titán felületi oxidrétege névlegesen, egyformán TiO_2 , ám mintegy 20 éve kezdtek állkapocs-implantátumok terén nyert tapasztalatok alapján arról vitatkozni, hogy molekuláris és szöveti szinten miként hatnak a különféle oxidrétegek az implantátum biológiai összeférhetőségére.

Ami az alkalmazásokat illeti: az ötvözetlen titánok a fogászati implantátumok mellett a pacemakerok fő anyagai.

Az F136 szabvány Ti-6Al-4V ELI jelű ötvözet $\alpha+\beta$ kétfázisú rendszert alkot: a homogén β -fázisú tartományból térközepes kockarácsú (BCC) β -mátrixban lemezes, tűs, Widmannstatten-jellegű HCP α -kiválások találhatók. Ha a hűtés gyors, az átalakulás martenzites vagy bénites, a kialakult szövet „kosárfonat” jellegű (10. ábra, [15]). A kristályosodás után az F136 ötvözetet szinte soha nem hevítik a homogén β -tartományba, hanem csak lágyítják, ezért a legjellemzőbb mikroszerkezet finomszemcsés α -fázisból és szemcsehatármenti β -ból áll. Szilárdságban mindhárom mikroszerkezet közel azonos (900 MPa folyáshatár), a kifáradási határa azonban a tűs/lemez morfológiájú fázisokat nem tartalmazó, lágyított ötvözetnek a legjobb (600-700 MPa).

A Ti-6Al-4V ELI ötvözetnek létezik olyan változata, amelyben nem korlátozzák ennyire szigorúan az interstíciós ötvözők – főleg az oxigén – mennyiségét; ezt a típust az ASTM F1472 szabvány definiálja. A kétfázisú ötvözetek körében számos további ötvözetet alkalmaznak implantátumok anyagaként, elsősorban ortopédsebészeti célra: az egyik a Ti-3Al-2,5V (F2146), a másik pedig a Ti-6Al-Nb (F1295).

A bioanyagok felhasználásának erőteljes növekedése, mint látható volt, a titán-ötvözetek körében is jelentős választék-

bővülést eredményezett: a két hagyományos típus mellett hasonló tulajdonságú változatok is megjelentek. Jelentősebbnek mondható az a lépés, hogy az α és az $\alpha+\beta$ ötvözetek mellett kidolgozták a homogén β ötvözeteket is. Ennek mozgatórugója a még nagyobb szilárdság elérése volt: egyes típusok folyáshatára meghaladja az 1000 MPa-t. Az ortopédiai rendeltetésű, BCC β -fázisú titánötvözetek a következők [16]:

- Ti-13Nb-13Zr (F1713)
- Ti-12Mo-6Zr-2Fe (F1813)
- Ti-15Mo (F2066)
- Ti-15Mo-5Zr-3Al
- Ti-15Mo-2,8Nb-0,2Si-0,26O
- Ti-16Nb-10Hf
- Ti-35Nb-7,3Zr-5,7Ta

Természetesen a titánötvözetek egyik legismertebb csoportja a bioanyagként rendkívül jelentős szerepet játszó Ti-Ni anyagcsalád, amelyet inkább „nitinol” néven ismernek és emlegetnek. Ezek bemutatása azonban nem fér bele ennek a cikknek a kereteibe. Remélhetőleg így is módja nyílt a tisztelt olvasónak hasznos betekintést nyernie a fémes bioanyagok világába.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Williams DF: Definitions in Biomaterials. Proc. of a Consensus Conference of the European Society for Biomaterials, Chester, England, March 3-5, 1986, Vol. 4. Elsevier, 1987
- [2] Ratner B. – Hoffman AS. – Schoen FJ. – Lamans JE. (szerk.): Biomaterials Science, An Introduction to Materials in Medicine, 2nd Edition. Elsevier 2004, 3.
- [3] <http://www.plunkettresearch.com/Industries/HealthCare/HealthCareTrends/tabid/294/Default.aspx>
- [4] Szabó B. – Bálint-Pataki Zs. – Ring Gy.: Kobalt-krom ötvözetek orvostechnikai alkalmazása. Bányászati és Kohászati Lapok, Kohászat, 139 (2006:5) 36-39.
- [5] Hosoi T. – Ohkubo C. – Takada Y. és társai: Foreign Dental Magnetic Attachments. 7th Int. Conf. on Magnetic Applications in Dentistry, March 3-21, 2008, <http://wwwsoc.nii.ac.jp/jmd/international/7th/SO19/> (internetes konferencia)
- [6] Takada Y. – Okuno O.: Corrosion resistance of magnetic assemblies

used in domestic cup yoke-type magnetic attachments. 7th Int. Conf. on Magnetic Applications in Dentistry, March 3-21, 2008, <http://wwwsoc.nii.ac.jp/jmd/international/7th/SO04/>

- [7] Terada M.: Corrosao de Aços Inoxidáveis Avançados em Meios Fisiológicos. PhD-értekezés, Autarquia Associada a Universidade de Sao Paulo, 2008
- [8] Blackwood DJ. – Pereira BP.: No corrosion of 304 stainless steel implant after 40 years of service. Journal of Materials Science: Materials in Medicine, 15 (2004:7) 755-758.
- [9] Sen RK. – Mootha AK. – Saini A. – Kumar V.: Segmental Fracture of a Cemented Femoral Stem – A Case Report and Review of Literature. The Internet Journal of Orthopedic Surgery. 13 (2009:1)
- [10] Nohara K. – Ono Y. – Ohashi N.: Composition and grain size dependencies of strain-induced martensitic transformation in metastable austenitic stainless steels. Journal of ISIJ 63 (1977:5), 212-222.
- [11] Gradzka-Dahlke M. – Dabrowski JR. – Dabrowski: Characteristic of the porous 316 stainless steel for the friction element of prosthetic joint. Wear 263 (2007) 1023-1029
- [12] Dewidar MM. – Yoon H-C. – Lim JK.: Mechanical properties of metals for biomedical applications using powder metallurgy process: A review. Metals and Materials International. 12 (2006:3)
- [13] Kramer PA. – Carlson JM.: Methods of manufacture of fully consolidated or porous medical devices. US Patent 6725901, 2004.
- [14] Sumita M. – Hanawa T. – Teoh SH.: Development of nitrogen-containing nickel-free austenitic stainless steels for metallic biomaterials – review. Mater. Sci. Eng. C, 24 (2004) 753-760.
- [15] Oliveira V. – Chaves Rr. – Bertazzoli R. – Caram R.: Preparation and Characterization of Ti-Al-Nb Alloys for Orthopedic Implants. Brazilian Journal of Chemical Engineering, 15 (1998:4)
- [16] Davis JR.: Handbook of materials for medical devices. ASM, 2003.

Kiegészítés

Gácsi Zoltán „A többciklusú képzés tapasztalatai a Műszaki Anyagtudományi Karon” című cikkéhez (BKL Kohászat, 2009., 142. évf., 3. szám, 1-4. o.)

Érdeklődéssel olvastam Dékán úr cikkét a Műszaki Anyagtudományi Karon folyó képzés tapasztalatairól a Bolognai Nyilatkozat 10 éves évfordulója kapcsán. Sajnos a cikk csak a negatív elemekről számol be anélkül, hogy a működő képzési rendszert (amelyben 2005 szeptembere és 2009 januárja között a BSc anyagmérnök hallgatók első generációja végzett és nagy részük 2009 februárjától MSc anyagmérnök, vagy kohómérnök hallgató lett) ismertetné.

Ezt a kiegészítést azért írom, hogy az érdeklődő Olvasóknak megadjam azokat a forrásokat, ahol az eredeti oktatási elképzelésekről olvashatnak [1, 2]. Idézett cikkeket 2004-2005-ben, az új képzési rendszer kidolgozása és beindítása során írtuk. Mára ez persze már történelem. Érdemes azonban ismerni (és ismertetni) a múltat ahhoz, hogy szilárd alapokra helyezhessük a jövőt. Ehhez kívánok az új kari vezetésnek

Jó szerencsét!

Kaptay György

kohómérnök, Decan Emeritus,

a volt Országos Anyagmérnöki Bologna Bizottság elnöke

Irodalom

- [1] Kaptay Gy.–Z. Benkő M.: A történelmi Kohómérnöki kar szervezeti átalakítása és új képzési struktúrája. DUNAFERR Műszaki Gazdasági Közlemények, 2004., No. 4., 281-287. o.
- [2] Kaptay Gy.–Z. Benkő M.: A kohászati és anyagmérnöki felsőoktatás jövője a bolognai folyamatra való áttérés után. BKL Kohászat, 2006., 139. évf., 1. szám, 6-11. o.

Helyreigazítás

Kaptay György: „Határfelületi jelenségek a fémesanyaggyártásban. 1. rész. A határfelületi erők osztályozása” című cikkhez. (BKL Kohászat, 2009., 142. évf., 3. szám, 39-46. o.)

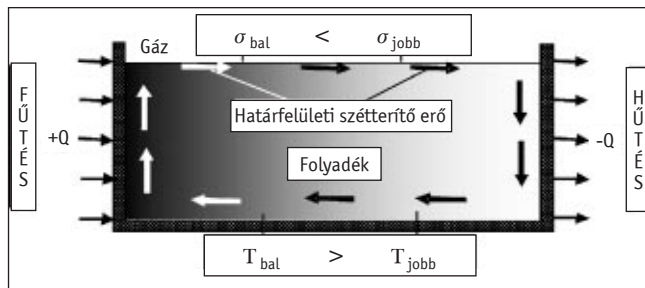
A nyári szabadságolások miatt szerző javításai a kefelenyomathoz sajnos lapzártá után érkeztek a szerkesztőségbe. A cikk ezért néhány értelemzavaró elírással jelent meg, amit most a következőképpen korrigálunk:

1. a 41-42. oldalakon Thompson helyett Thomson értendő.
2. A 45-46. oldalakon a szövegben többször szerepel a felületi feszültség jele, ami ζ_{ij} helyett helyesen σ_{ij} (lásd az (1), (3), (4) egyenleteket).

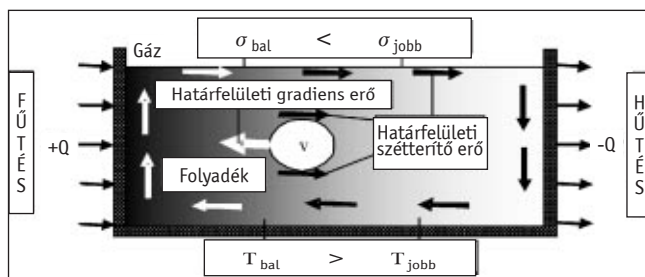
3. A 46. oldalon a szövegben δG_{ij} helyett helyesen ΔG_{ij} a moláris Gibbs energiaváltozás jele (lásd a (4) egyenlet).

4. A 4.b., 5., 10.a-b. ábrákon hiányosan jelentek meg a feliratok. Az ábrákat a helyes feliratokkal megismételjük.

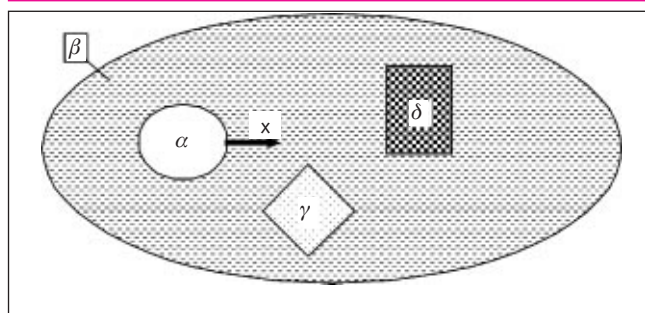
Az okozott kellemetlenségért a szerző és a felelős szerkesztő elnézést kér az olvasóktól.



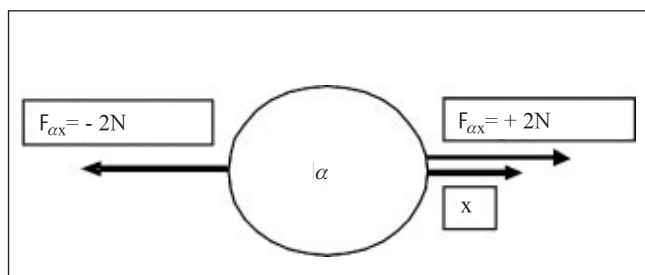
■ A 4.b. ábra helyesen



■ Az 5. ábra helyesen



■ A 10.a. ábra helyesen



■ A 10.b. ábra helyesen

Színes múzeumi körutazás

Egyesületünk salgótarjáni osztálya minden évben szervez egy-egy, a családtagokkal kiegészülő nyári kirándulást olyan helyekre, ahol szakmáink történetének emlékhelyeit is felkereshetjük. Így ez évben a Dunántúl középső részén tettünk négynapos kirándulást.

Az ötletet az ott található bányamúzeumok, történeti bemutatók, emlékhelyek felkeresése adta, melyet kiegészítettünk olyan nevezetes létesítmények felkeresésével, melyek nem kötődnek korábbi szakmai működési területeinkhez, de meglátogatásuk a kirándulást színessé és azoknak is érdekesebbé tette, akik nem csupán a „bányászat történetére” voltak kíváncsiak. Az egyes felkeresett látnivalók leírásával itt nem kötjük le a tisztelt olvasók idejét és figyelmét, csak azokról az élményekről számolunk be, ami nincs benne a nyomtatott vagy internetes „nagykönyvekben”.

Kirándulásunk pénteken reggel indult azzal, hogy az egyik budapesti kohász „szentélyt” kerestük fel, ami konkrétan az Öntödei Múzeum meglátogatását jelentette. Nem idézzük a legújabb, hivatalos, teljes nevét – nekünk ez a megszokott és fontos! Mivel a résztvevők nagy része esetenként több évtizede tagja az OMBKE-nek, de még nem volt dolga az Egyesület központjában, így ott is látogatást tettünk, mivel – sokaknak közismerten – e két hely közel esik egymáshoz. Az első napon még meglátogattuk Székesfehérváron a Bory-várat, és időztünk egy kicsit a város régi részében. Szálláshelyünket Balinkán foglaltuk le, ott aludtunk három éjjel, ahol reggelit és vacsorát is kaphattunk, s bár a táborban 260 vendéget tudnak egyidejűleg fogadni, az általunk ott töltött hosszú hétvégén miénk volt a tábor, azaz szinte senki nem lakott rajtunk kívül akkor ott, eltekintve a hangulatot kedvezően befolyásoló, csodálatos természetes zenei háttérrel adó madárseregtől.

Második napunk egy igazi bányában kezdődött, igaz nem szénről volt szó, a Gánton levő Balás Jenő Bauxitbánya Múzeumot néztük meg, elsősorban az ott látható kiállítást. Az egész kitermelt bányagödör bejárása „nem fért bele” tervezett

programukba. Ezután témaváltás, Csákvár, a Fazekas Múzeum következett. Tapasztalhattuk, hogy a tűzálló agyag nem csak szakmánkhoz kellett, a fazekasok is sokféle, közvetlenül tűzbe vagy tűzhelyre tehető edényt alkottak belőle. Külön színt jelentett, hogy – szombat lévén ottlétünk napja – éppen falunapot tartottak, melyben szerepelt a fazekas mesterséget a maga valóságában megismertető bemutató, melynek során a szemünk láttára lett egy-egy maroknyi agyagból kis korsó, tálcácska és tányér – legalábbis kialakítva –, a száradást és az égetést természetesen nem várhattuk meg.

Következő úti célunk Oroszlány volt, pontosabban Majkpuszta, ahol egy egész csokor program jött össze. Az előzőekben említett gánti bányajárásba és fazekas bemutatóba egészen belefáradtunk, ezért ebéd következett a szép tóparton levő étteremben, amit a kamalduliak kolostorának megtekintése követett. Itt, szakmánkhoz kötődően, nagyon szép kivitelű öntöttvas kályhákat láthattunk, melyek egy részén KALÁN felirat volt olvasható. Szakmai programunkba tartozott a megmaradt XX. sz. aknánál létrehozott bányamúzeum meglátogatása is (1.kép). Mivel már erősen alkonyodott, s hagyományainkhoz más is tartozik, mint a szénbányászat tisztelete, a bor dicséretével Móron fejeztük be napunkat, természetesen a Bormúzeumban, ahol vacsorát kaptunk és ismeretséget kötöttünk néhány fajta jó móri borral.

Vasárnap könnyedebb programunk volt. Elsőként Zircen álltunk meg, ahol lehetőség adódott misén részt venni az apátsági nagytemplomban. Éppen Úrnapja volt körmenettel. Aki inkább mást akart csinálni, megnézhetette a híres műemlék könyvtárat és a természettudományi kiállítást (gyönyörű bemutatója az erdei vadaknak!). Innen Herend következett, a porcelánművészet hazai fellegvára, de „szakmánk” sem maradt ki

egészen, az utolsó megállónk Várpalota, a Thury-várban levő Bányászattörténeti Gyűjtemény megtekintése volt. Itt szabadon megemlíteni, hogy a két háború között egy ideig az SKB vezetése alatt a szénbányászattal kapcsolatos történelmünk közös volt.

A hétfő már a hazatérés napját jelentette. Kissé korai látogatóként (mivel a hivatalos nyitás előtt kb. fél órával kértünk bebocsátást, sikerrel) „utánajártunk” Székesfehérváron az Alumíniumipari Múzeumban, hogy mi és hogyan történik a bauxittal, míg abból az ismert eszközeink el nem készülnek.

Mivel Salgótarjában nincs igazán jó fürdési, strandolási lehetőség, ezért több útitársunk örömmel él ilyen lehetőség kihasználásával, ha azt alkalmasan be tudjuk illeszteni úti programunkba. Ezt most a Velencei-tó partján Agárd melegvizű fürdési lehetősége kínálta számunkra. Aki nem annyira kötődik a vízhez, sétát tehetett a tó partján fekvő településen. Elmondhatjuk, hogy a négynapos programot sikerrel teljesítettük. Segített a jó hangulatban, hogy útitársaink régóta együtt tesznek hasonló utakat, és az időjárás is kegyes volt hozzánk, se túlzott meleg nem fárasztott minket, se esernyőink igazi alkalmazására nem kellett sort keríteni. Elhatároztuk, hogy jövőre is megyünk kirándulni. Ha megvalósul a Pécsre tervezett Bányász-Kohász-Erdész Találkozó, lehet, hogy oda megyünk mi is.

✍ Liptay Péter



■ 1. kép. Az Oroszlányi Bányamúzeum bejáratánál

Megemlékezés és szakmai nap Mindszenten

Az OMBKE Fémkohászati Szakosztály Kecskeméti Helyi Szervezete a Tiszántúliak Társaságának szervezésében megemlékezéssel kiegészített szakmai napot tartott 2009. október 9-én Mindszenten.

A rendezvény résztvevői délután 3 órakor a mindszeri temető bejáratánál találkoztak, ahonnan egyik alapító tagunk, *Vass Sándor* gépészmérnök kollégánk sírjához vonultak. Vass Sándor 2009. június 14-én hunyt el, temetésén a tagtársak közül sokan nem tudtak részt venni. A sírnál *Dánfy László* elnök, megköszönve a tagság együttérző támogatását, röviden visszaemlékezett a helyi szervezet jogelőd szervezetének mindszeri megalakulásában támogató szerepet vállaló kollégáinkal történt első találkozására és az 1975. évi megalakuláshoz vezető szervezési munkára. Kiemelte, hogy a Hódmezővásárhelyi Fémipari Vállalat Mindszeri Gyáregységének vezetését akkor ellátó Vass Sándor gyáregységvezető és *Széll Pál* főmérnök szervező munkája nélkül nem alakulhatott volna ki a máig is jól működő helyi szervezeti rész.

Ezt követően *Széll Pál* gépészmérnök kollégánk, a Tiszántúliak Társaságának vezetője, baráti érzelmeiktől sem mentes visszaemlékezésében részletesen ismertette elhunyt tagtársunk emberi és szakmai életútját, amelyben kitért a lokálpatrióta Vass Sándor Mindszeri település fejlesztésében kifejtett tevékenységére is (1. kép). Az emlékbeszédek után követően elhelyeztük a helyi szervezet koszorúját és a magunkkal hozott virágokat az eltávozott, de továbbra is köztünk, emlékeinkben élő kollégánk sírjára.

A szakmai nap során Mindszentén egy helyi egyéni vállalkozó, *Pálinkó Imre* műanyag fröccsöntő üzemét kerestük fel. Az üzemben több nagyteljesítményű gépen játékok és édesipari termékek csomagolására használt anyagok gyártása folyik. Az üzem jelentős saját tervezésű és gyártású szerszámkészlettel rendelkezik, de mellette bérelt szerszámokkal is folyik a termelés. A szerszámok tervezését, javítását és gyártását a szomszédos Szegváron és a közeli Szegeden lévő vállalkozókkal kiépített kapcsolat teszi lehetővé. Az egész tevékenység kiváló gyakorlati megvalósítása az oly sokszor emlegetett kis-

és közepes vállalkozási formának, melynek életképességét ez a mindszeri példa is igazolta.

A résztvevők ezt követően egy másik helyi „nevezetességnek” számító vállalkozót kerestek fel. *Annus Gábor* magát „népi szobrásznak” tartja, aki bronzhatású külső megjelenés-

sel rendelkező betonszobrokat és emlékműdszkeket készít. Mindszentén több városi díszkúton is megtalálhatók az általa készített plakettek. A „bronzbetonnak” az is előnye, hogy nem esik áldozatul az itt is elharapódzott „fémgyűjtésnek”. A műhely mellett kialakított kiállítás megtekintése után felkerestük a néhai Vass Sándor barátunk által üzemeltetett, ma már sajnos bezárt Vass Öntödét, ahol visszaemlékeztünk az ott töltött kellemes baráti együttlétekre és a finom csengődi borokra.

A résztvevők a Tisza partján lévő Halászcserda különtermében rendhagyó gyászszakestélyen ültették korsóikat, utolsó Jó szerencsét! kívánva, elhunyt tagtársuk emlékére (2. kép). Az est további részében *Dánfy László* elnök átadta az elmúlt OMBKE közgyűlésen kitüntetett tagjainak azokat az egyesületi kitünte-



1. kép. Széll Pál megemlékezése Vass Sándor sírjánál

téseket, amelyeket akadályoztatásuk miatt személyesen nem tudtak átvenni. *Kiss Molnár Imre* gépészmérnök Egyesületi Plakett, *Bánfi János* és *Rajos Tibor* gépésztechnikusok Egyesületi Oklevél kitüntetésben részesültek. A helyi szervezetben több évtizedes lelkes munkájukat megköszönve *Dánfy László* elnök tolmácsolta az OMBKE elnökének és a Fémkohászati Szakosztály vezetőségének gratulációját a kitüntetetteknek. Az eseményekben és szakmai látnivalókban gazdag programot követően a rendezvény fehér asztal mellett folytatódott, a konyha kiváló készítményeinek és a nemes italoknak mustrájával, melyben a résztvevők nagy igyekezetet mutattak. Az alkalomhoz igazodóan a szokásos zene és mozgásgyakorlat ezúttal elmaradt.

Dánfy László



2. kép. A gyászszakestély korsója

Díszoklevelek átadása

A 2009/10-es tanév kezdetén, 2009. augusztus 29-én, Nyilvános Ünnepi Szenátusülés keretében került sor a Miskolci Egyetemen a 65, 60 és 50 éve végzett jubiláló mérnök kollégáink köszöntésére és részükre a díszoklevelek átadására.

A József Nádor Műszaki- és Gazdaságtudományi Egyetem Bánya-, Kohó- és Erdőmérnöki Karán Sopronban, 1944-ben kohómérnöki oklevelet szerzett egy kolléga részére vasoklevelet, 1949-ben kohómérnöki oklevelet szerzett két kolléga részére gyémántoklevelet, a Nehézipari Műszaki Egyetem Kohómérnöki Karán 1959-ben oklevelet szerzett 14 kohómérnök részére aranyoklevelet, 1 fő részére posztumusz aranyoklevelet adományozott a Kari Tanács javaslatára a Miskolci Egyetem Szenátusa. Dr. Gácsai Zoltán dékán köszöntő levele többek között az alábbiakat tartalmazza:

„Büszkéek vagyunk az Alma Mater egykori, jubiláló diákjaira. Sok évtizedes szakmai munkájuk és tevékeny életútjuk példaként szolgál a mai és jövőbeni hallgatóinknak egyaránt. Munkásságukat nagyra becsüljük és tiszteljük. Az ünnepi szenátusüléssel maradandó emléket kívánunk állítani egykori diákjainknak, akik egy életen keresztül hűek maradtak a tanultakhoz, alkotó tevékenységükkel becsületet és hírnevet szereztek az Alma Maternek. Reméljük, hogy az elmúlt évtizedek felidézésével sikerült örömet szerezni mindazoknak, akik tudásuk legjavát adták, erőt és fáradságot nem kímélve dolgoztak. Sőt dolgoznak és szakmailag aktívak még ma is. Nélkülük az elmúlt évtizedek jelentősebb kohászati, ipari üzemei nem működtek volna, hiszen Ők irányították a szakmai munkát, felügyelték a tech-

nológiát. Az adott társadalmi, gazdasági körülmények között nélkülözhetetlen volt a munkájuk.

Tevékenységük elválaszthatatlan részévé vált a mérnökgenerációk egymásra épülő és folyton gyarapodó, megújuló tudásának.

A jubiláló mérnököknek tanulmányaik alatt és szakmájuk gyakorlásának évtizedeiben számtalan nehézséggel kellett szembenézniük. Szorongató történelmi körülmények között, súlyos gazdasági helyzetben, gyakran változó és bizonytalan, sőt kiszámíthatatlan feltételek között kellett helyt állniuk. Büszkéek vagyunk az eredményeikre, örülünk szakmai sikereiknek és megérdemelt elismeréseiknek.

Gratulálunk a díszoklevelet kapott mérnök kollégáknak. Nyugodt, derűs éveket és nagyon jó egészséget kívánunk mindnyájuknak.

Jó szerencsét!”

Vasoklevélben részesült

(Sopronban, 1944-ben szerzett diplomát)

Benedek Attila

Gyémántoklevélben részesültek

(Sopronban, 1949-ben szereztek diplomát)

Dr. Pilissy Lajos

Steindl István

Aranyoklevélben részesültek

(Miskolcon, 1959-ben szereztek diplomát)

Acsády István

Becker Miklós

Beszterczei László

Gábor Lajos

† Dr. Horváth Gyula

Kotán László

Dr. Mikó József

Dr. Mudra László

Sebők Mihály

Solymár Jánosné dr.

Stankovics László

Szarka János

Tóth Mihály

Dr. Tranta Ferenc

Dr. Wéber Józsefné dr. Kovács Éva



■ 1. kép. Az ünnepségen megjelent kitüntetettek az egyetem főbejárata előtt



■ 2. kép. A kitüntetettek nevében dr. Pilissy Lajos mond köszönetet

A XXIX. Országos TDK konferencia hírei

A Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Karának Tudományos Diákköri Tanácsa elkészítette a 2009. április 14-16. között megtartott XXIX. Országos Tudományos Diákköri Konferencia Műszaki Tudományi Szekciójának karunkra vonatkozó összesített eredménylistáját, amelyet az alábbiakban adunk közre.

A karunkról beadott dolgozatok száma: 30 db.
A konferencián elhangzott előadások száma: 30 db.

A dolgozatok helyezések szerinti megoszlása:
I. díjas és kiemelt különdíjas 2 dolgozat
II. díjas 3 dolgozat
III. díjas 2 dolgozat
Könyvjutalom 3 dolgozat
A Pro Scientia Aranyéremre két hallgatónk, Juhász Borbála és Tóth Pál nyújtott be pályázatot és mindketten elnyerték. (A Műszaki Tudományok Szekciójában összesen három Pro Scientia Aranyérmet osztottak ki!) A Mestertanár Aranyéremre dr. Szemmelveisz Tamásné egyetemi docensünk készítette el pályázatát, mely szintén sikeres volt, így oktatónk elnyerte a kitüntetést (<http://www.otdt.hu/kituntetesek.php>). A nyertes pályázatok adatai:

I. díj és kiemelt különdíj:

Energetika, hőtani és áramlástani folyamatok, gépek I. tagozat

Tóth Pál: Ipari szennyvíziszap erőműi tüzelhetőségének vizsgálata

Konzulens: dr. Szemmelveisz Tamásné

Képlékenyalakítás és kohászati technológiák tagozat

Juhász Borbála: Nyomásos öntőszerszám hőtechnikai viszonyainak vizsgálata

Konzulensek: dr. Dúl Jenő, Szabó Richárd

II. díj

Anyagtudomány, anyagvizsgálat

I. tagozat

Gyöngyösi Szilvia: Allotróp átalakulás szimulációja sejtautomata módszerrel

Konzulens: dr. Barkóczy Péter

Anyagtudomány, anyagvizsgálat

III. tagozat

Mekler Csaba: Felületi és térfogati fázisátalakulás modellezése

Konzulens: dr. Kaptay György

Képlékenyalakítás és kohászati technológiák

Dobó Zsolt – Tóth Pál: Anódos titán-oxid vékonyrétegek: vizsgálat, modellezés és fejlesztés

Konzulens: dr. Török Tamás

III. díj

Képlékenyalakítás és kohászati technológiák

Máté Csilla – Juhász Krisztina: Molibdén-volfrám elválasztás anioncserés módszerrel tömény sósavas oldatokban

Konzulens: dr. Kékesi Tamás

Könnnyű-, élelmiszer- és műanyagipari technológiák

Kállai Imre: Csípőprotézis vápa siklófelüle-

tének javítása melegsajtolással

Konzulens: dr. Czel György

Könyvjutalom

Anyagtudomány, anyagvizsgálat

I. tagozat

Papp Judit: Öntöttvas grafitjainak alak szerinti csoportosítása klaszterelemzéssel

Konzulens: dr. Barkóczy Péter

Anyagtudomány, anyagvizsgálat

II. tagozat

Balázs Péter: Nyitott cellás térhálósított műgyanta mechanikai tulajdonságainak vizsgálata

Konzulensek: dr. Bárczy Pál, Kuzsella László

Képlékenyalakítás és kohászati technológiák

Tóth Judit: Műgyanta kötész homokmagok termikus deformációjának vizsgálata

Konzulens: dr. Tóth Levente

Az alábbi táblázat az összes előadott pályamunka tükrében mutatja a Miskolci Egyetem és a Műszaki Anyagtudományi Kar eredményességét a konferencia műszaki tudományok szekciójában.

**Dr. Pótliska Csaba,
dr. Szemmelveisz Tamásné**

	Összes, db	Miskolci Egyetem, db	ME/Összes %	MAK db	MAK/Összes %	MAK/ME %
I. díj	28	6	21,4	2	7,1	33,3
II. díj	31	4	12,9	3	9,7	75,0
III. díj	44	6	13,6	2	4,5	33,3
Könyvjutalom	27	4	14,8	3	11,1	75,0
Kiemelt különdíj	7	3	42,9	2	28,6	66,6



1. kép. Dr. Páczelt István akadémikus átadja a kiemelt különdíjat Juhász Borbála V. éves kohómérnök hallgatónak



2. kép. Dr. Döbröczöni Ádám dékán átadja a kiemelt különdíjat Tóth Pál BSc anyagmérnök, első éves MSC kohómérnök hallgatónak

Szoboravatás a Miskolci Egyetemen

A X. fémkohászati szakmai nap keretében 2009. szeptember 25-én avattuk fel *dr. Horváth Zoltán* professzor bronz mellszobrát a Miskolci Egyetemen. A délután során szakmai konferenciát is tartottunk, amelyen a fémipari gyártó, fémelőállító és hulladék-feldolgozó cégek mutatkoztak be, lehetőséget teremtve a hallgatókkal való szakmai kapcsolatok kiépítésére is.*

Dr. Horváth Zoltán professzor (1921-2004) a Selmechbányán alapított, majd Sopronból a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemre költöztetett Fémkohászattani Tanszéknek volt évtizedeken át iskolateremtő oktatója és elismert vezetője, a Miskolcon újjászerveződött Kohómérnöki Karnak pedig első dékánja (1955-1965).

A szoboravatáson jelen voltak: *dr. Gácsi Zoltán* professzor, a Műszaki Anyagtudományi Kar dékánja, *dr. Farkas Ottó* professzor és rector emeritus, *dr. Tolnay Lajos*, az OMBKE elnöke, valamint dr. Horváth Zoltán professzor családtagjai is. A szobor elkészítését a kar Born Ignác Fémmetallurgiai Alapítványa, szakmai szervezetek, valamint magánszemélyek és Horváth Zoltán családja anyagi hozzájárulása tette lehetővé. *Kutas László* szobrászművész a professzor legszembevetőbb tulajdonságát, a mosolyát mintázta meg. Az ünnepségen a dékán köszöntőjét követően dr. Farkas Ottó (1. kép) és dr. Tolnay Lajos tartottak beszédet, majd a közadakozásból felállított szobrot a Miskolci Egyetem rektorának nevében *dr. Szűcs István* oktatási rektorhelyettes leplezte le (2. kép).

Dr. Farkas Ottó visszaemlékező, dr. Horváth Zoltán professzort méltató beszédét az alábbiakban közöljük:

„Tisztelt Hölgyeim és Uraim!

Kedves Kohómérnök társaim, Munkatársaim, Barátaim!

Mi valamennyien, akik az alkotó szellem önzetlen törekvéseit és elért eredményeit mindenkor nagyrabecsüléssel fogadjuk és értékeljük, nagy megtiszteltetésnek tekintjük és örömmel látjuk, hogy nagy lélekszámú szakmai közösség jelenlétében és együtt van lehetőségünk arra, hogy nemes szándéktól vezérelve, méltó főhajtással felavassuk a metallurgiai fejlődési folyamat egyik kiemelkedő és örökbeccsü értékeit alkotó résztvevőjének, Dr. Horváth Zoltán professzornak bronz mellszobrát.

Horváth professzor a Magyar Királyi Jó-

zsef Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Sopronban működő Bánya-, Kohó- és Erdőmérnöki Karán 1944-ben vette át kohómérnöki oklevelét. Egyidejűleg meghívást kapott az általa igen nagyra becsült *Széki János* professzor által vezetett Fémkohászattani tanszék tanársegédi állásának betöltésére. Az egyetemi oktatói pálya valamennyi fokozatát végigjárva – 33 éven át egyetemi tanárként –, összesen 42 évig volt a közben 1952-ben Miskolcra költözött Fémkohászattani tanszék oktatója. Ezen időtartam alatt 34 éven át tanszékvezetőként, 10 éven át pedig dékánként irányította a tanszék, illetve a Kohómérnöki Kar fejlesztő és szervező feladatait.

Az egyetemi oktatómunka, a kohómérnökképzés elkötelezett híve volt. A nagyon jól rendszerezett, a nemzetközi szakirodalomban naprakészen tájékozott, alapos, gondos, hiteles, a szakma iránti tisztelettel és alázattal végzett oktatómunkájának elévülhetetlen és kiemelkedő érdeme, hogy feltárta és kidolgozta a metallurgia és a fizikai kémia – ezen belül főleg a termodinamika – kapcsolatrendszerét. Ennek bázisán alkotta meg munkatársainak közreműködésével az „Általános kohászattan”, az „Eleméleti kohászattan”, majd a „Kémiai metallurgia” című tantárgyakat, fejlesztette tovább a fémkohászat különböző tantárgyait, és adta át szakirodalomként a hallgatók és az érdekeltek számára. Mindezek hozzájárultak ahhoz, hogy a metallurgiai oktatás egyetemünkön a kor szakmai-tudományos színvonalának rangjára emelkedett.

Mindazok, akik tanítványai lehettünk, tapasztaltuk, hogy oktatói hitvallása szerint a tananyagot nem egyszerűen leadni, hanem átadni kell a hallgatósnak. Ennek érdekében mindenkor nagy súlyt helyezett arra, hogy az egyes metallurgiai folyamatokat meghatározó oksági összefüggések az előadásain feltáruljanak, s az ismeretek felhasználásának képessége és készsége hallgatóiban kifejlődjön. Ezért mindig



■ 1. kép. Dr. Farkas Ottó szoboravató beszédét tartja

örömteli sikerélmény volt számára, ha azt tapasztalta, hogy az általa sugárzott alkotó szellem az azt befogadni szándékozó hallgatói értelemben táptalajra talál.

Egyidejűleg arra is törekedett, hogy hallgatói már az egyetemi évek alatt sajátítsák el választott szakmájuk szeretetét, a társszakmák tiszteletét, a folyamatos önművelés képességét, az alkotó munka megbecsülésének készségét, és fejlesszék ki az igényességet önmagukkal szemben.

Magáévá tette a klasszikus mondást, mely szerint „Követelek tőled, mert tisztellek”. Közülünk is sokan tapasztalhattuk, hogy – ennek az alapelvnek mindenkor eleget téve – a számonkérésben, a végzett munka értékelésében egyaránt igazságos és nagyon szigorú volt. Nem viselte el a felkészületlenséget, az érdektelenséget, a felületességet, a hanyagságot, a lustaságot. Ilyen magatartások láttán tudott nagyon haragudni. De akik közelebb voltunk hozzá, jól tudtuk, hogy ilyenkor – József Attila ideillő megfogalmazását segítségül véve – sohasem valakire, hanem mindig valakiért haragudott. S ez a harag a szorgalom, a felkészültség s az eredményes munka tapasztalásával azonnal szertefoszlott. Több év vagy évtized távlatából meggyőződéssel valljuk, hogy ezért az életre nevelő pedagógiai magatartásért is köszönettel tartozunk.

Horváth Zoltán professzor úrban az 1955-ben önállóvá vált Kohómérnöki Kar első, s egyben karalapító dékánját is tisztelhetjük. Ebben a minőségében is oktatástörténeti érdemeket szerzett az új kar strukturális, működési és irányítási rendszerének kidolgozásában, jövőképeinek ki-

alakításában, a működés személyi és tárgyi feltételeinek biztosításában és a kohómérnökképzés korszerű tantervi rendszerének megformálásában.

Ennek keretében jött létre az a kiterjedt kari konszenzus, mely az alap-, az alapo- és a szaktantárgyak összehangolt, szoros tartalmi egymásraépülésének és időtar- tam-arányos oktatási rendjének megvalósulásában öltött testet. Tízéves dékáni működése alatt az általa létrehozott osztályfőnöki rendszer igen jó szolgálatot tett az akkor még tanulókori rendszerben tanuló hallgatóság tanulmányi előmenetelének és magatartásának figyelemmel kísérésében.

Dékán-sága alatt alakult meg az Automa- tika Tanszék és fejlődött ki a Vaskohászati Tanszékből az Öntészeti Tanszék. Je- lentősen és a kar valamennyi működési te- rületére kiterjedően fejlődtek a hazai, és elsősorban a keleti irányú nemzetközi szakmai-tudományos kapcsolataink.

Horváth Zoltán professzor úr munkássá- gában az oktatás és a kutatás szoros, har- monizált egységet alkotott. Az alkotó mun- kának ugyanazon alapelv szerint volt elkö- telezettje, melyet már *Goethe* a „Faust” c. művében megfogalmazott, vagyis hogy az emberi élet értelme a teremtő emberi tevé- kenység, ami egyben a fennköltebb bol- dogság egyik forrása is.

Szakmai-kutatási tevékenysége kiter- jedt a metallurgia, illetve a fémkohászat rendkívül összetett és sokrétű tudomány- területének számos kérdéscsoportjára, me- lyek többnyire a folyamatok termodinami-

kai és reakciókinetikai feltárására, a fajla- gos energiafogyasztás csökkentésére, új fémelőállító eljárások kialakítására és megvalósíthatóságuk vizsgálatára, vala- mint a kohósítás-tervezés elméleti alapjai- nak kidolgozására irányultak.

Nagyon termékeny szakirodalmi tevé- kenységét a többnyire munkatársainak közreműködésével megjelentetett 22 szakkönyv, 50 egyetemi jegyzet és 250 szakcikk mutatja. Ezeken kívül mintegy 50 tudományos értekezésnek, több szak- könyvnek és egyetemi jegyzetnek, vala- mint számos szakcikknek alapos és lelkiis- meretes lektora, aspiránsok felelős és se- gítőképző vezetője volt. Hasonlóan jelen- tős feladatokat látott el a szakmai-tudo-ományos közélet számos területén, minde- nekülött a Magyar Tudományos Akadémia és az Országos Magyar Bányászati és Ko- háászati Egyesület tevékenységi körében, illetve bizottságaiban.

Egyik kiemelkedő érdeme, hogy szak- mai, tudományos és szakirodalmi munkás- ságának, valamint kapcsolódó közéleti te- vékenységének eredményeivel hozzájárult ahhoz, hogy a kar metallurgiai kultúrájá- nak kisugárzása messze túlhaladta az or- szág határait, s így „Alma Mater”-ünk szá- mottevő helyet foglalt el a metallurgia ha- zai és nemzetközi tudományos véráramában.

Tudományos munkásságának elismert- sége tudományos címek és fokozatok oda- ítélésében is megnyilvánult. „Egyetemi műszaki doktori”, majd a „műszaki tudo- mány kandidátusa” oklevelet kapott, s a

„műszaki tudomány doktora” fokozatot is átvehette. Az Alma Mater tiszteletbeli dok- torává fogadta, a külföldi magyarok Cleve- landben működő Tudományos Akadémiája pedig tiszteletbeli tagjává választotta. De tagja volt a londoni „Institut of Metals”- nak és a washingtoni „National Geographic Society”-nek is.

Az alkotó életút rövid felvázolásából sem hiányozhat annak megemlítése, hogy a professzor úr, a kohászat iránti tisztele- tének és szeretetének egyik fényes bizonyí- tékaként, nagy buzgalommal ápolta, gon- dozta és gazdagította az Alma Mater írott történelmét. Ennek folyamata esetenként a szépirodalom, az éremművészet és a ze- neművészet kultúrterületére is elvezette. Ez utóbbinak eklatáns példája Mozart „Va- rázsfuvola” című operája és az Alma Mater akkori, selmecbányai történései közötti kapcsolat feltárásában tanúsított közre- működése.

Horváth Zoltán professzor úr 1986-ban vonult nyugdíjas állományba, de a 2004- ben bekövetkezett haláláig is ellátott szá- mos, elsősorban a szakirodalomhoz kötődő feladatot olyan mértékben, melyet fokozó- dó mozgáskorlátozottsága – feleségének, Ildikó asszonynak, hűséges segítőtársának áldozatos ápoló munkája mellett – még megengedett.

42 éves aktív, sikerekkel koronázott munkásságát 26 különböző kitüntetéssel és három nívódíjjal is elismerte az öt tiszte- lő és nagybecsülő kohásztársadalom.

Dr. Horváth Zoltán professzor úr kiemel- kedően eredményes életpályája megerősíti azt a meggyőződésünket, hogy a bölcs és sikeres élet alapfilozófiája valóban nem le- het más, mint az elemző értelem, a józan ész és a tiszta szív harmóniája.

És most, amikor a professzor úrnak, so- kunk kedves Zoli bácsijának mellszobrát avatjuk, tesszük ezt azért, hogy ezzel a cse- lekedettel is megajtsuk fejünket a nemes eszmésség és az alkotó szellem egyik hor- dozójának emléke előtt abban a remény- ben, hogy a szobor sugallata is hozzájárul a példaértékű életút méltó emlékének megőrzéséhez, szakmai elkötelezettségé- nek gondolatvilága pedig továbbra is át- hatja jövőt formáló törekvéseinket.

Szívből kívánom, hogy így legyen,
Vivat Crescat Floreat Academia”

Dr. Török Tamás



■ 2. kép. Dr. Farkas Ottó, dr. Tolnay Lajos és dr. Szűcs István a szobor leleplezése utáni pillanatok- ban (A fényképet a MERTNet fotóriportere készítette)

*A szakmai napról következő számunkban ol- vashatnak részletesebben.

A Miskolci Egyetem kiemelt támogatói

A Miskolci Egyetem Szenátusa nevében *dr. Patkó Gyula* rektor és *dr. Gácsi Zoltán* dékán a 2009. június 27-én megtartott tanévzáró kerti ünnepség keretében adta át a kiemelkedő támogatást nyújtó vállalatok és civil szervezetek részére a „Miskolci Egyetem Kiemelt Támogatója” díjakat.

A 2001-ben alapított elismerést 2009-ben a Műszaki Anyagtudományi Kar javaslatára a kari oktató-kutató munka folyamatos támogatásáért az ALCOA-KÖFÉM Kft. és a Prec-Cast Öntödei Kft. kapta.

Az ALCOA-KÖFÉM Kft. támogatói szerepvállalása különösen a képlékenyalakítás oktatási és kutatási feltételeinek javításában, a hazai és nemzetközi szakmai-



■ 1. kép.

közéleti szerepvállalásban nyújtott segítség formájában volt jelentős. A díjat *dr. Maár Gyula* és *dr. Maár Gyuláné* vette át (1. kép).

A Prec-Cast Öntödei Kft. támogatói szerepvállalása a nyomásos öntészet oktatási



■ 2. kép.

és kutatási feltételeinek javításában, a hazai és nemzetközi szakmai-közéleti szerepvállalásban nyújtott segítség formájában volt jelentős. A díjat *dr. Bokodi Béla* ügyvezető igazgató vette át (2. kép).

Dr. Gácsi Zoltán

Együttműködési megállapodás

Az öntészeti szakirányú képzés és a kutatási-fejlesztés együttműködését célzó, valamint a gyakorlati oktatást is biztosító Öntészeti Kutató-Oktató Labor Innovációs Centrum (ÖKOLIC) kialakítását és működtetését célzó, hosszú távra szóló megállapodást kötött a Miskolci Egyetem a Magyar Öntészeti Szövetség tagvállalataival 2008. szeptember 23-án.

Az együttműködési megállapodások kapcsolódnak a Társadalmi Megújulás Operatív Program (TÁMOP-4.2.1/08) keretében a tudáshasznosulást, tudástranszfert segítő eszköz- és feltételrendszer kialakítása, fejlesztése című pályázati tevékenységhez.

A Miskolci Egyetem TÁMOP pályázatának öntészeti mintaprojektjében a fejlesztés célcsoportja a hazai öntvénygyártó ipar, melynek elvárt szintű működéséhez és fejlődéséhez nélkülözhetetlen a korszerű szakmai oktatás és kutatás, a technológiai tudástranszfer szolgáltatások igénybevétele.

A projekt célja országos tevékenységi körű öntészeti innovációs transzfercentrum működési feltételeinek kialakítása, a K+F szolgáltatások megalapozása, hosszú távú együttműködés létrehozása a hazai öntvénygyártó és öntvényfelhasználó iparág K+F igényeinek kielégítésére, az öntészeti szakirányú felnőttképzés és a kutatási-fejlesztési együtt-

működés új struktúrájának kialakítása.

A projekt eredménye egy öntészeti kutató-fejlesztő, technológiai vizsgálatokat végző, hazai és nemzetközi oktatási és kutatási projektekben részvételre alkalmas, önálló jogi személyiségű szakmai információs centrum létrehozása, mely részben a magyarországi öntödéknél és öntvényfelhasználóknál nyújtott szolgáltatások ellenértékéből, részben hazai és nemzetközi pályázati projektek bevételeiből tartja fenn magát.

A fenti célok megvalósítását a projekt keretében az országosan egyedülálló, jelenleg is működő öntészeti kutató-oktató labor továbbfejlesztése és az ipari igények szerinti működtetésének kialakítása biztosíthatja.

Az Öntészeti Kutató-Oktató Labor Innovációs Centrum kialakítását a pályázat beadásakor támogató partnerek, melyek a Miskolci Egyetemmel 2008 szeptemberében együttműködési megállapodást írtak alá:

Magyar Öntészeti Szövetség, Budapest
Dr. Sohajda József elnök,
Dr. Hatala Pál ügyvezető igazgató,

Fémalk Fémöntészeti Alkatrészgyártó Zrt., Budapest
Dr. Sándor József vezérigazgató, az

OMBKE Öntészeti Szakosztály elnöke,

Prec-Cast Öntödei Kft., Sátoraljaújhely
Dr. Bokodi Béla ügyvezető igazgató,

Diósgyőri Öntöde Kft., Miskolc-Diósgyőr
Mezei Sándor ügyvezető igazgató,
dr. Sziklavári István ügyvezető igazgató,

CERTA Zárgyártó, Présöntő és Szerszámkészítő Kft., Sátoraljaújhely
Farkas János ügyvezető igazgató,

NEMAK Győr Alumíniumöntöde Kft., Győr
Dr. Fegyvernek György fejlesztési vezető,

Csepel Metall Vasöntöde Kft., Budapest
Dr. Sohajda József igazgató,

Le Belier Magyarország Formaöntöde Rt., Ajka
Dekovics András igazgató,

Nova Hungária Kft., Petőfibánya
Dr. Vigh László ügyvezető igazgató,

Busch-Rába Kft., Győr
Hegedűs István ügyvezető igazgató,

Szegedi Öntöde Kft., Szeged
Kovács Sándor ügyvezető igazgató.

Dr. Dúl Jenő

Csanády Andrásné – Kálmán Erika – Konczos Géza: Bevezetés a nanoszerkezetű anyagok világába

A jövő anyagtechnológiája kétirányú megközelítéssel törekszik új eredményekre: a nanovilág feltárásával és a nano- felől a mikrovilágon át a makroméretű anyagok tökéletesítésével. A nanoméretek tartományában (< 100 nm) meghatározó jelentőségre tesznek szert a határfelületek a szemcsebelőkhöz képest (alapvető változás a határfelület/térfogat arányban). Méreteffektusok lépnek fel akkor, amikor valamely fizikai mennyiség jellegzetes hossz-

sz, pl. az elektronok szabad úthossza a mágneses doménméret, a diszlokációk távolsága stb. összemérhetővé válik a tanulmányozott anyag geometriai méreteivel.

A könyv távolról sem vállalkozhatott a vonatkozó terület minden ígéretes újdonságának bemutatására. A tárgyalt területeket azonban sokoldalúan járta körbe, a fő fejezeteken belül (Anyagcsaládok; Előállítási módszerek; Vizsgálati módszerek; Tulajdonságok) az egyes, látszólag önálló

fejezetek valójában kiegészítik egymást.

A szerkesztők és a szerzők arra törekedtek, hogy az általuk feldolgozott területeken, a sokféle tudományos és műszaki területet érintő munkában minél szélesebb körben jelenjenek meg a sokszínű hazai eredmények is.

A keménytáblás kötésű könyv az ELTE Eötvös Kiadó Kft. gondozásában, 313 oldal terjedelemben jelent meg.

✎ Csanády Andrásné Hargitai Hajnalka

Budapesti vaskohászok szakmai kirándulása

Az OMBKE Vaskohászati Szakosztály Budapesti Helyi Szervezete – az immár tíz éves hagyományoknak megfelelően – őszi szakmai kirándulást szervezett. Az október 9-i kiránduláson közel negyven, nagyrészt vaskohász kolléga vett részt, de meghívtunk bányász, fémkohász, sőt néhány miskolci tagtársat is.

A program szakmai részét Székesfehérváron a Nehézfémöntőde Zrt. megtekintése jelentette. A kétórás, igen tartalmas látogatáson kiváló szakmai vezetés mellett megismerkedtünk az üzemben gyártott anyagokkal (főleg öntöttvasból és rézötvözetekből készült öntvényekkel), és az alkalmazott technológiákkal. A szakmai program végén dr. Palásti Károlyné, a Nehézfémöntőde Zrt. humánpolitikai

igazgatója ismertette cégük gazdasági helyzetét, a fejlesztési elképzeléseket, és külön hangsúlyt fektetett a szakember utánpótlás kérdésére, problémáira.

Az üzemlátogatást tartalmazó ebéd követte a sárbogárdi Amadeus Étteremben. Ezt követően Ozorára utaztunk, ahol a XV. század kora reneszánsz építészetének első magyarországi épületét, Ozorai Pipó kastélyszerű várát néztük meg szakszerű idegenvezetéssel (1. kép). A várkastély építtetője, *Philippo Scolari Ozorai Borbálával* kötött házassága után telepedett le Ozorán (ekkor vette fel az Ozorai Pipó nevet). Róla tudni kell, hogy Zsigmond király sárkányos lovagrendjének tagjaként tizenhét győztes hadjáratot vezetett a török ellen.



■ 1. kép. Ozorai Pipó vára

A kirándulás következő állomása a szekszárdi borvidéken Májer Mátyás sajátos hangulatú borospincéje volt, ahol az igen szép őszi napon, a szőlőlugasban üldögélve, vörösbort és nótázást mellett fejeződött be a programunk.

■ KÖSZÖNTÉSEK

85. születésnapját ünnepelte

Harrach Walter gyémántokleveles vegyész-mérnök, az OMBKE tiszteleti tagja 1924. október 18-án született Szombathelyen. 1942-ben érettségizett a Premontrei rendi Szent Norbert Gimnáziumban. Vegyész-mérnöki oklevelét a M. Kir. József Nádor Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem vegyész-mérnöki karán szerezte meg 1946. december 17-én. Tanulmányai alatt egy évet Né-

metországban töltött. 1946-48-ban az egyetem közgazdasági, mérnöki továbbképző szakán tanult, de oklevelét már nem kapott, mert ez az oktatási ág megszűnt.

1944. júliustól decemberig gyakornok a Székesfehérvári Könyűféműben, 1946-49-ben gyakornok a



Magyar Statisztikai Hivatalban, 1949. május 1-jétől 1950. december 31-ig üzemvezető a Műkorundgyár N.V. dorogi kísérleti üzemében, 1951. január 1-jétől 1973. szeptember 1-jéig a Motimban dolgozik több beosztásban (korundüzem vezető, főtechnológus, szervizcsoport vezető), 1973. szeptember 1-jétől 1982. június 30-ig az Aluterv-FKI-ben az obrováci beruházási iroda osztályvezetője, majd az exportiroda osztályvezetője, 1982. június 30-tól 1983.

augusztus 31-ig az Aluker-ben a timföld-termék osztály vezetője, 1983. szeptember 1-jétől 1987. január 15-ig a Magyar Alumíniumipari Tröszt kereskedelempolitikai osztályának vezetője.

Kiemelkedő szakmai tevékenysége a hazai korundgyártás megindítása és a zirkositgyártás kidolgozása és bevezetése volt.

Több mint 100 cikke jelent meg a BKL Kohászatban (amelynek 1973-80 között külső munkatársa, majd 1983-2008 között a fémkohászat rovat vezetője volt), az Építőanyagban, a Szilikátechnikában, a Magyar Alumíniumban, A Mi Múzeumunkban, a Sprechsaal für Glas-Email-Keramik-ban, az Osteuropa Naturwissenschaft-ban, a Kemika u Industrije-ben, az Élet és Tudományban, az Anyagmozgatás és Csomagolásban és a Metalforumban.

Külföldön közel 30 előadást tartott. Tizenegy magyar szakértői bizottságban tevékenykedett, 1963-ban részt vett a korvisit/üvegszál együttműködéssel foglalkozó cseh-magyar államközi tárgyalásokon. 1980-ban Sri Lankán Unido-szakértőként titánfeldolgozással foglalkozott, 1981-ben Mozambikban az alumíniumipar szervezésében működő szakértői csoport munkájában vett részt.

Szakmai munkáját Munka Érdeméremmel (1959), Kiváló Újító aranyéremmel (1963), Kiváló Feltaláló aranyoklevéllel (1971), a bécsi feltalálói vásáron aranyéremmel (1976) és Kiváló Feltaláló aranyéremmel (1979) ismerték el.

1949 óta tagja egyesületünknek, 1961-1973 között a Motim helyi csoport titkára, amit dr. 'Sigmond Györggyel' együtt alapított. 1978-1983 között a Fémkohászati szakosztály timföldüzemi szakcsoportjának titkára. Tevékenységét 1983-ban Péch Antal-emlékéremmel, 2007-ben Szent Borbála-emlékéremmel ismerték el. Tagja az OMBKE Tiszteleti Tagok és Szeniorok Tanácsának.

Jelenleg korabeli jegyzőkönyvek, feljegyzések és saját emlékei alapján a magyar műkorundgyártás hőskorának megírásával foglalkozik.

Horváth György aranyokleveles kohómérnök 1924. szeptember 10-én született Sopronban. Középiskolai tanulmányait a Soproni Bencés Gimnáziumban végezte. Az Alma Mater 1944-ben fogadta falai közé, kohómérnöki diplomáját 1950-ben szerezte meg.

Az egyetem elvégzése után a Tüzeléstani tanszéken nyert alkalmazást mint demonstrátor, később pedig tanársegéddé nevezték ki. Kollégájával – Szalay Jánossal – első ízben rendezték sajtó alá és adták ki dr.

Diószeghy Dániel professzor előadásanyagát. Megvalósították a tüzeléstan gyakorlati oktatását. A tanszék Miskolcra való költöztetésével az iparban helyezkedett el. Műszaki fejlődését az alumínium új, izgató jövőjében látta, így 1952-től a székesfehérvári Maszobal, majd a Köfém lett az új munkahelye és szakmai érdeklődésének színtere.

MEO és laborvezető, hengermű üzemvezető, beruházási létesítményvezető, beruházási főosztályvezető beosztásokat töltötte be több mint három évtizeden keresztül, 1984-ben bekövetkezett nyugdíjazásáig.

A vezetői feladatokon túlmenően aktívan foglalkoztatta az alumínium és ötvözteinek metallográfiája, az alakítás és hőkezelés hatásának vizsgálata az alkalmazott technológia és termék javítása érdekében. Beruházási tevékenységével 1964 és 1984 között részt vett a Köfém korszerűsítésében, fejlesztésében.

Munkásságát többször elismerték, így két esetben a NIM Kiváló Dolgozója, majd Kiváló Kohász kitüntetését kapott.

1952-től az OMBKE tagja. 1955-ben részt vett a helyi csoport megalakításában, 1958-1965 között annak titkári feladatait látta el. Egyesületünk az 50 éves egyesületi tagságát Soltz Vilmos-emlékéremmel, egyesületi munkáját 2005-ben OMBKE plakett kitüntetéssel ismerte el.

80. születésnapját ünnepelte

Kalmár Elemér aranyokleveles vegyész-mérnök 2009. szeptember 12-én ünnepelte 80. születésnapját. Középiskolai tanulmányait Pápán végezte, majd a Veszprémi Vegyipari Egyetem elektrokémiai tagozatán szerzett oklevelet 1953-ban. Az egyetem elvégzése után a Dunai Vasmű központi laboratóriumába került, ahol kezdetben csoportvezető, majd kémiai osztályvezető munkakört töltött be. Később a teljes anyagvizsgálati terület szakágvezetője lett.



Szakmai munkájáról a BKL Kohászatban, más szaklapokban és ismeretterjesztő folyóiratokban rendszeresen beszámolt. A különböző műszaki-tudományos egyesületek konferenciáin számos előadást tartott, főleg anyagvizsgálati témakörökben. Tagja volt annak a Nemzetközi Etalon Bizottságnak, amely koordinálta a nedveskémiai és a spektrométeres vizsgálatok hitelesítésére szolgáló beállító próbák gyártását és minősítését. A tudományos szervezetek által, ill. a Kohászatban meghirdetett szakmai pályázatokon több alkalommal is eredményesen szerepelt egyéni és kollektív pályamunkákkal. Szakmai munkája elismeréseként többször részesült vállalati és minisztériumi kitüntetésben.

Az OMBKE-nek ötven éve tagja. Több cikluson keresztül tagja volt a Vaskohászati szakosztály keretében működött anyagvizsgáló szakcsoport és a dunaujvárosi helyi szervezet vezetőségének. Egyesületi tevékenységéért a Kohászat Kiváló Dolgozója, 40 éves egyesületi tagságáért Soltz Vilmos-emlékérem kitüntetésben részesült.

1995-ben nyugdíjba vonult. Nyugdíjasaként szervezte és irányította azt a munkacsoportot, amelynek tevékenysége eredményeként megjelent „A minőség-ellenőrzés és az anyagvizsgálat története a Dunai Vasműben 1950-1998 között” című könyv.

75. születésnapját ünnepelte

Buczkó János 1934. augusztus 28-án született Jászberényben. Itt érettségizett a Lehel Vezér Gimnáziumban. 1957-ben szerzett kohómérnöki diplomát a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemen.

A diploma megszerzése után szinte napokon belül a Csepel Művekbe került. Ott több mint húsz éven keresztül a Kovácsológyár különböző területein vezetőként dolgozott, majd az utolsó néhány évben a gyáregység vezetője volt. A két évtized alatt jelentős fejlődésen ment át a szabadkézi kovácsolás, a süllyesztékes kovácsolás, a sajtolt acélpalackgyártás és a hőkezelés. Európa nagy autógyárai (VW, BMW, Peugeot, Volvo stb.) vásárolták a csepeli süllyesztékes kovácsdarabokat, és távoli országokba (Törökország, India, Indonézia, Kína stb.) szállították az oxigénpalackokat.



Egy közbelső időben megbízták a csepeli acélgyártás további fenntartása miatt szükségessé vált „szinttartó beruházás” irányításával. Ennek a beruházásnak az eredményeként az elektroacélgyártás szinte teljesen megújult, az acélmű kiszolgáló berendezéseinek korszerűsítése, megerősítése biztonságosabbá tette a további üzemeltetést. A beruházás megfelelő ütemben, a tervezett költségkereten belül valósult meg.

A csepeli acélgyártás és a megalakító területek összevonása után a technológiát, a kísérlet-kutatást, a gyártmányfejlesztést és az általános műszaki feladatokat ellátó osztályokat is magába foglaló intézetet vezette. Az intézet kiváló szakembereket alkalmazott, melynek eredményeként a kollektív munka kiemelkedő fejlesztési eredményeket hozott. Néhány év után az intézetet átszervezték. Ezt követően a varrat nélküli csőgyártás területén dolgozott, majd pár év múlva nyugdíjba ment. Egy hulladékhasznosító cég üzletkötőjeként még további tízennégy évet dolgozott.

Pályafutása nagy sikere, hogy a sajtolt acélpalack gyártás megalakítási technológiájának kiváló voltát Indiától az Egyesült Államokig elismertette, annak know-howját több cég megvásárolta. Részt vett az Egyesült Államokban telepített gyártósor tervezésében és üzembe helyezésében is.

Haller János okl. kohómérnök 1934. szeptember 2-án született Budapesten. Gimnáziumi tanulmányait a budapesti Eötvös József Gimnáziumban végezte, ahol 1952-ben érettségizett. Még ebben az évben felvételt nyert az NME kohómérnöki karára, ahol 1957-ben technológus kohómérnöki diplomát szerzett.



Ezt követően a Csepel Vas- és Fémművek tervezőirodájában helyezkedett el tervezőmérnöki beosztásban. Itt a Csepel Művek gyáregységei részére, valamint külső megrendelésekre kemencéket, hőhasznosító berendezéseket tervezett. Miután az iroda megbízást kapott több, szovjet exportra kerülő acélcsőgyár technológiai és kiviteli terveinek elkészítésére, irányító tervezőként vett részt ezen gyárak karusszal és léptetőgerendás kemencéinek, valamint azok kiszolgáló berendezéseinek a tervezésében.

1966-ban kinevezték a Csepeli Tervező Iroda kemencetervezési szakosztályának a vezetőjévé. 1966 áprilisától egy éven keresztül az egyik, Szovjetunióba szállított csőgyár kemencéinek szerelésénél és üzembe helyezésénél, valamint azok átadásánál szaktanácsadóként dolgozott.

1969. december 1-jétől a Kohászati Gyárépítő Vállalat dolgozója, ahol az egyik kemencetervezési osztály vezetésével bízzák meg. Több hazai és exportra kerülő kemence tervezését irányította. 1977. január 1-jétől a több osztályt magába foglaló kemencetervező iroda vezetője lett. 1982. március 15-ével kinevezték a vállalat vezérigazgató-helyettesévé, műszaki igazgatójává. Ebben a beosztásban dolgozott 1991 végéig, nyugdíjba vonulásáig.

1992 áprilisától 2007 februárjáig a Reorg Pénzügyi és Gazdasági Rt. alkalmazásában számos hazai vállalat, többek között a miskolci volt Lenin Kohászati Művek felszámoló biztosi teendőit látta el.

A Kohászati Gyárépítő Vállalat OMBKE helyi csoportjának elnökeként éveken keresztül szervezte és irányította a csoport tevékenységét.

70. születésnapját ünnepelte

Héjas Máttyás 1939. szeptember 2-án született a Somogy megyei Szentgyéren. 1959-ben Csurgón érettségizett, majd 1964-ben a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemen vas- és fémkohómérnöki oklevelet szerzett.

Végzése után a Tatabányai Alumíniumkohóban dolgozott annak bezárásáig, 1992-ig, elsősorban az elektrolízissel kapcsolatos munkakörökben. A magyar-szovjet timföld-alumínium egyezmény életbelépésével a hazai alumíniumkohászat számára szükségtelenné vált új kohó építése, a hazai termelést a meglévő kohók kapacitás intenzifikálásával növelték. Ennek megvalósításához szinte állandóan folytak előkísérletek, amelyek eredményeként folyamatos fejlesztéssel a tatabányai üzem I-II. kohócsarnokában 24 kA-ról 45 kA-re, a III. kohócsarnokban 48 kA-ról 74 kA-re növelték az áramsűrűséget. Ezzel párhuzamosan a kezdeti 22 000 kWh/t Al-ról 14 500



kWh/t Al-ra csökkent a fajlagos energiafelhasználás.

E munkákban műszaki fejlesztőként való részvétele alatt és után az elsősorban oxidkerámiai célokra alkalmas, nagy tisztaságú alumínium-oxid előállítási kísérletekkel bízták meg, amit külső intézetek és cégek közreműködésének igénybevételével eredményesen teljesített. Az 1970-es és 80-as években részt vett azokban az Alcoa know-how alapján végzett blokkanos és japán mintára végzett száraz-anódmasszás üzemi kísérletekben is, amelyek ugyan sikeresek voltak, de az első az akkor életbe lépett COCOM-lista, a második pedig a kezelgő rendszerváltás miatt nem került bevezetésre.

Több, a FÉMKUT-tal végzett közös kísérletben (pl. elektrolit adalékok vizsgálata, a katód és az anód belső hőmérsékletének alakulása vagy a katód és az anód árameloszlásának vizsgálata) működött közre.

1983-tól a kohó leállítása az elektrolízis üzem vezetője volt. Szerepe volt abban, hogy a MOTIM által gyártott ún. homokszűrő timföld használatával, fokozott odafigyeléssel 80-85%-ot is elérte a 3N tisztaságú fém aránya az elektrolízis folyamán. Közreműködött a kohó műszeres fejlesztéseiben, aminek eredményeként a kádák állapotának követésére diszpécserrendszerű vizuális megoldást, ill. számítógépes folyamatirányítást sikerült megvalósítani. Utolsó tevékenysége a kohó leállítása után a bontás levezénylése, a korábbi fejlesztői munkája eredményeinek felszámolása volt.

Mészáros József okl. kohómérnök 1939. augusztus 14-én Makón született. 1957-ben érettségizett a Szegedi Vegyipari Technikumban. 1957-től 1960-ig technikusként dolgozott az Almásfüzitői Timföldgyárban. A timföldgyár ösztöndíjasaként kerül a miskolci Nehézipari Műszaki Egyetemre, ahol 1965-ben kohómérnöki oklevelet szerez.



1965-től 1975-ig dolgozik a timföldgyárban üzemmérnökként, majd üzemvezetőként. Közben 1973-74-ben az ALUTERV-FKI tervezte indiai Korbai Timföldgyár beruházásán és üzembe helyezésén dolgozik, mint szakértő.

1975-1992-ig a zalaegerszegi Alumíniumipari Gépgyár igazgatója volt. Irányítása

alatt szervezték meg a hazai alumíniumipari vállalatok (bányák, timföldgyárak, alumíniumkohók, félgyártmány üzemek) által igényelt gépek, berendezések, és ezek pótalkatrészeinek gyártását.

1992-ben társaival új, acélkereskedelemmel és ehhez kapcsolódó szolgáltatásokkal foglalkozó társaságot alapítottak. Az FMVas

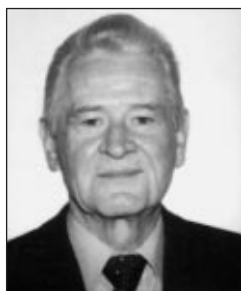
Kft. néven működő cég folyamatosan fejlődött, szalagfűrészekkel, plazma- és lángvágó berendezésekkel felszerelve nyújt szolgáltatást üzletfeleinek. Társtulajdonosként jelenleg is részt vesz a cég munkájában.

Az OMBKE-nek 1962 óta tagja. 1969-73 között az Almásfüzitői Timföldgyárban működő helyi csoport titkára volt.

Gazdasági munkája mellett aktívan részt vett a szakmunkás- és technikusképzés szervezésében. Az általa irányított gépgyár számos pályakezdő mérnök gyakorlat-szerzését támogatta.

Tevékenységét vállalati Kiváló Dolgozó és a Nehézipar Kiváló Dolgozója, valamint kormánykitüntetéssel ismerték el.

Stefán Mihály (1932-2009)



Augusztus elején értesült a tudós közösség, hogy Stefán Mihály okleveles kohómérnök, a Magyar Tudományos Akadémia levelező tagja 2009. augusztus 6-án Budapesten 77 éves korában elhunyt.

Dr. Stefán Mihály életútjának hű visszatükrözésére az életút gazdagsága miatt teljes mélységében vállalkozni nem lehet, így csak az életútjának és tudományos pályafutásának legfontosabb, a tudományos karrierjével kapcsolatos mozzanatokat emeljük ki.

Stefán Mihály 1932. július 8-án született Bódvaszilason. Szülei mezőgazdasággal foglalkoztak, a három fiútestvér közül csak Mihály választotta az értelmiségi pályát. Iskoláit szülőfalujában, majd Kalocsán és Miskolcon végezte. Jeles minősítésű érettségi bizonyítványát a miskolci Lévai József Gimnáziumban kapta meg.

Felsőfokú tanulmányait a Nehézipari Műszaki Egyetem Kohómérnöki Karán folytatta, ahol 1954. szeptemberében államvizgázott, és kapta meg kohómérnöki diplomáját. Még a diploma megszerzése előtt, 1954. július 1-jén lépett be a Csepeli Fémműbe. 1955. októbere és 1959. januárja között a rézkohászati gyáregység főtechnológusaként, majd 1959. szeptember 1-ig a Fémmű főtechnológus-helyetteseként dolgozott.

Még ugyanebben az évben felvételt nyert szovjet aspirantúrára. Aspiránsi éveit 1959 és '62 között a moszkvai Acélok és ötvözetek Intézetben töltötte el. Ezek az évek meghatározó szerepet játszottak Stefán Mihály szakmai fejlődésében. 1963 tavaszán a Nehézipari Műszaki Egyetemen műszaki doktorrá avatták.

1964. decemberéig a Fémmű kutatási osztályának vezetője volt, majd a Fémmű műszaki igazgatójává nevezték ki. 1972. június 1-től a Fémmű igazgatója, 1975-től pedig a Csepel Művek Tröszt műszaki vezérigazgató-helyettese lett. A tröszt megszűnése után, 1983-tól, az Országos Műszaki Fejlesztési Bizottságnál dolgozott, majd a Ipari Technológiai Intézet első számú vezetője lett, innen ment nyugdíjba.

1973-ban védte meg a műszaki tudományok doktora cím elnyerése érdekében benyújtott

disszertációját, majd 1976-ban a Magyar Tudományos Akadémia közgyűlése levelező taggá választotta. A Fémmű műszaki fejlesztési feladataihoz szorosan kapcsolódott tudományos megalapozottságú fejlesztő tevékenysége.

Dr. Stefán Mihály tudományos munkássága kétirányú, de mindkét általa művelt területre jellemző, hogy – mai foglalkozásai szerint – azok mindegyike nagy hozzáadott értékű, elsősorban funkcionális színesfémek és azok ötvözetekének fejlesztésére, gyártástechnológiájuk tökéletesítésére, új megoldások bevezetésére irányult. Kezdeményezője volt a finomkohászati kutatásoknak, metallurgiai és anyagtudományi vonalon egyaránt. Az egyik kutatás-fejlesztési irányt vállalata gyártási profiljának megfelelően a színesfém-, elsősorban a rézalapú alapanyagok és féltermékek fejlesztése, míg a másik irányt a lágymágneses anyagok – például az Fe-Ni ötvözetek – szerkezete és tulajdonságai közötti kapcsolat felderítése jelentette. Az ún. mágneses utóhatás jelenségének értelmezésében nemzetközi visszhangot is kiváltó eredményeket ért el.

Tudományos eredményeit disszertációiban foglalta össze, az egyes részeredményeket neves külföldi folyóiratokban publikálta. Technológiai eljárásokra vonatkozó szabadalmi meghatározó hányadát üzemi körülmények között is alkalmazták. Ezek a szabadalmak új termékek gyártásának bevezetését tették lehetővé, és jelentős nemzetgazdasági eredménnyel jártak.

Kutató-fejlesztő tevékenységének jellemző vonása volt, hogy mindig ipari problémák megoldása volt a kitűzött cél, és a feladatokat tudományos megalapozottsággal, a természettudományok és a műszaki tudományok legújabb eredményeire alapozva közelítette meg.

A természettudományos alapokig visszanyúló szemléletmódját és annak jelentőségét jól jellemzik a Magyar Tudomány és a Magyar Alumínium című folyóiratokban publikált cikkei. Már az 1981-ben, a Magyar Tudományban megjelent írásában, pontosabban annak címében használja az „anyagtudomány” fogalmát, és rámutat az anyagtudománynak a gazdasági fejlődésben betöltött meghatározó szerepére.

Tevékenységeinek szerves részét képezte tudományszervezői aktivitása, a tudományos közéletben való részvétele. Meghatározó szerepe volt abban, hogy Csepelen nemzetközi színvonalú finomkohászati kutatóhely jött létre, amelyre nemcsak az akkori adottságokon és lehetőségeken messze túlmutató színvonalú infrastruktúra, hanem a fiatal munkatársak fejlődését szolgáló légkör is jellemző volt. Ennek a tudományos iskolának alapítója, motorja volt dr. Stefán Mihály.

Vezető szerepe volt az 1974-1979 között lebonyolított nagyberuházásban, amelynek során alapvetően korszerűsödött a Fémű technológiája, a móri gyáregységben pedig egy szinte teljesen automatizált, a svéd ESAB-tól vásárolt licenc alapján dolgozó bevonatos ívhegesztő elektróda gyár létesült.

Aktívan támogatta az Akadémia tudományos minősítő bizottságának munkáját. Az ilyen irányú tevékenységbe már 1963-ban bekapcsolódott. Az utóbbi években elsősorban a Műszaki Tudományok Osztálya keretében működő metalurgia, valamint anyagtudományi és technológiai bizottságban tevékenykedett.

Számos kandidátusi, doktori és MTA doktori védésen elnökölt. Az általa levezetett védéseket szakmai korrektség és a jelöltek eredményei iránt megnyilvánuló elismerés jellemezte.

Dr. Stefán Mihály szakmai és oktatói tevékenységét Eötvös Lóránd-díjjal és a professor emeritus címmel is elismerték. Halálával nagy veszteség érte a tudós közösséget. A múlt idő minden fájdalmat enyhítő hatalmán túl csak az szolgálhat vigasztalásul, hogy az alkotó ember munkássága műszaki alkotásaiban és publikációiban, míg szellemisége munkatársai, tanítványai révén él tovább.

Dr. Stefán Mihálytól, az MTA levelező tagjától 2009. augusztus 25-én vettek végső búcsút a család tagjai, volt munkatársai, tisztelői. A Farkasréti Temető Makovecz ravatalozójánál a Magyar Tudományos Akadémia Műszaki Tudományok Osztálya és az Anyagtudományi és Technológiai Bizottság nevében dr. Gyulai József akadémikus, osztályelnök, az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület nevében Balázs Tamás, volt munkatársai nevében pedig Albert Béla búcsúztatta az elhunytat.

Dr. Verő Balázs

Osztatni Mihály (1926–2009)



Osztatni Mihály 1926-ban született Ózdon. A gimnáziumi érettségi után az Ózdi Kohászati Üzemekben dolgozott, és munkája mellett a kohászati technikai különbözetet is megszerezte.

Versenyfelvételi vizsgán nyerte el azt a lehetőséget, hogy külföldön, Szverdlovskban iratkozhasson be kohászati egyetemre, ahol egy előkészítő év után négy félévet végzett. Tanulmányait 1951-53 között Miskolcon, az NME Kohómérnöki Karán fejezte be, ahol kitüntetéses technológus kohómérnök oklevelet szerzett.

Már 1952-ben ösztöndíjas szerződést kötött a diósgyőri LKM-mel, ahol a durvahengermű műszaki osztályára helyezték. Az ott töltött négy év alatt sok megvalósított újítás és néhány tanulmány fűződik a nevéhez, főként a hengerüregezés és a hengerek minőségének javítása területén.

1957-ben a budapesti Központi Kohászati Tervező Iroda vezetőjévé nevezték ki. Részt vett a Dunai Vasmű koncepciójának megvalósításában és irányította az ezzel kapcsolatos tervező munkákat. Javaslati szerepet játszottak a diósgyőri új blokkor és a Borsodi Ércelőkészítő Mű megvalósításában. Javaslatára kezdődött meg a tőkés piacon vásárolt vasérc hazai felhasználása.

A KGMTI-ből a szocialista országok és Jugoszlávia kohászati együttműködését szabályozó KGST szervezet, az INTERMETALL vezérigazgatói posztjára távozott. Vezetője vagy tagja volt több KGST szakmai szekciónak. Innen, a KGST szerepének megváltozása miatt tért vissza a hazai kohászat ügyeinek intézéséhez.

A Gép- és Kohóipari, majd Ipari Minisztériumban a kohászati szakterület tanácsadójaként dolgozott. Könyvet írt „Konverter-acélgyártás” címmel. Részt vett a magyar kohászat fejlesztésében, olykor visszafejlesztési munkáiban. Tevékenységével a strukturális átalakítást szolgálta és próbálta megakadályozni az indokolatlan pusztítást. A minisztériumból vonult nyugdíjba. Társulajdonosként alapította a LURGIMETALL fémkereskedelmi vállalatot, melynek ügyvezető igazgatója volt.

Osztatni Mihálynak két gyermeke és öt unokája van. Felesége, Klára, szinte egy napon halt meg vele. 2009. április 3-án egyszerre, közös sírba temették őket.

Osztatni Mihály a magyar kohászat utolsó nagy periódusát megélt szakember gárda tagjaként írta be nevét a magyar ipar történetébe. Emlékét őrizzük és ápoljuk.

Dr. Bíró Zoltán

Vass Sándor

(1944-2009)



„Barátod lehet számtalan
Ki követ, tisztel és dicsér,
De ott állsz a bajban társtalan,
Ha már szerencse nem kísér”

Fiatalkori versem jutott eszembe, miután magamhoz tértem a megdöbbenésből és géphez tudtam ülni, hogy megkíséreljek elkészönni a váratlanul elvesztett Baráttól. Véget vetett a sors egy többre érdemes ember életének. 65 éves korában elhunyt Vass Sándor.

Mindszenten született és itt élte le életét. Már fiatal mérnökként a MAT készáru üzemébe, a Fémipari Vállalat Mindszenti Telephelyének élére került. Irányítása alatt fejlődött gyáregységgé, Mindszent legnagyobb ipari üzemévé a volt gépállomás. Lelkes, szorgalmas, nyílt, segítőkész, becsületes, érzékeny lelkű, felkészült, mindig tenni akaró embernek ismertem meg. Sokoldalú egyéniség volt, szerette a zenét, a sportot. Községi ember volt, akkor úgy fogalmaztunk, hogy mindent megtett embertársai boldogulásáért, a falu és környezete fejlődéséért. Szerető férj, példás családapa volt, gyermekeit gondosan nevelte, kik diplomás, sikeres embereké váltak. Négy unokájáért rajongott.

Az ipari irányítóból politikai vezető, a település első embere lett. Az Ő nevéhez fűződik – többek között – a tornacsarnok megépítése, a tiszai strand villamosítása.

A rendszerváltás felkészületlenül érte, nem tudta feldolgozni. Nem találta meg a meggyőződéséhez illeszkedő életvitelt. Magánvállalkozással próbálkozott, de az nem jelentett számára sikerélményt. A kezdeti eredményes működés után meg kellett szüntetnie, pedig

több tagtársunk is járt a mindszenti Vass Öntödében. A sportkör elnökeként még ebben az időszakban is vállalt köz megbízatást.

A sors által rá rakott terhek lassan megtörték. Nem találta az egyensúlyt a szervezetében támadt fizikai és szenvedélybetegség között. 2009. június 14-én elragadta a kegyetlen, mások szerint a megváltó halál.

Fémiparos kora óta tagja volt az Országos Magyar Bányászati Kohászati Egyesületnek, rész vett annak munkájában. Tagtársai szerették, tisztelték, tudták, hogy számíthatnak rá. Mindig barátsággal, vidámsággal fogadta az ország távoli pontjáról érkező bányászokat, kohászokat, erdészeket. Csutak István, a mosonmagyaróvári szervezet titkára – értesülve a történetekről –, a következőket írta:

„Fájdalmas egy igaz Baráttól búcsúzni. Milyen a sors firtora, temetésének napján lesz helyi szervezetünk éves rendezvénye, melyen sokszor Ő is itt volt. Nem lehetünk ott búcsúztatásán, nem kísérhetjük el utolsó útjára. Erőt és megnyugvást kívánunk mindenkinek, ki elkíséri Őt. Ígérhetem, hogy az esti szakestélyen érte is szólni fog a harangjáték, egy főhajtással és búcsúpohárral Rá emlékezünk majd. Drága Sanyi Barátunk! Te már az örök bányász-kohász-gépész világban jársz. Megtetted mindazt, mit meg kellett tenned, elviselted mit Rád mért a sors. Most már Te vigyázol miránk, és ha egyszer mi is elindulunk az utolsó úton, hát várj újra minket, ahogy tetted máskor is.”

Ennél szebb gondolattal nem lehetne zárni az elköszönést.

Nyugodj békében drága Barátom!

Széll Pál

MEGHÍVÓ

Az OMBKE Vaskohászati Szakosztály Budapesti Helyi Szervezete a hagyományoknak megfelelően

Luca-napi szakestélyt

szervez, melyre a tagtársakat ezúton tisztelettel meghívjuk. A szakestély során ismét lehetőség nyílik éneklésre, eszegetésre és poharazgatásra, valamint tanulságos történetek elmesélésére, anekdotázgatásra is. Mindenkit arra bátorítunk, hogy amennyiben ilyen humoros történetet ismer, azt ezen az estén ossza meg velünk és mesélje el.

A szakestély időpontja: 2009. december 11. (péntek) du. 17.00 óra

Helyszín: MTESZ székház, Budapest, Fő u. 68. IV. em.

Részvételi díj: 1 500 Ft

A szakestély résztvevői a helyszínen kupát is vásárolhatnak, melynek várható ára 1 500 Ft lesz.

Dr. Réger Mihály – Dr. Csirikusz József

Az OMBKE 2010. évi tisztújítására való felkészülés ütemterve

Az OMBKE alapszabálya szerint 2010-ben az Egyesület minden választott testületében tisztújításra kerül sor. Az alapszabályban és az ügyrendekben előírt eljárásokat és határidőket figyelembe véve, a tisztújítás ütemterve a következő.

1. Létszámkeretek

Az OMBKE ügyvezető igazgatója a tagnyilvántartás alapján **2009. december 1-jéig** minden szakosztály elnökének és titkárának megküldi a tisztújítás során figyelembe vehető taglétszámot helyi szervezetekre bontva. A tisztújításkor nem lehet küldött, jelölt, tisztségviselő az a személy, aki **2009. november 20-ig** nem rendezte a tagdíját. Az egyesületi küldöttgyűlés szavazati jogú szakosztályi küldötteinek számát és a szakosztályok által delegálható választmányi tagok számát meghatározó szakosztályi taglétszámokat a tagnyilvántartás alapján az ügyvezető igazgató előterjesztésére a választmány a **2009. decemberi** ülésén hagyja jóvá.

A szakosztályok vezetőségei a tagnyilvántartás figyelembevételével, a szakosztályi titkár előterjesztése alapján, **2010. február 28-ig** határoznak a szakosztályi küldöttgyűlés résztvevőinek számát meghatározó létszámkeretekről.

2. Tisztújítás a helyi szervezeteknél

A szakosztályok titkárai **2010. január 31-ig** megküldik az egyesület titkárságának a helyi szervezetek tisztújító taggyűléseinek helyét és időpontját. A helyi szervezet taggyűlése legkésőbb **2010. március 31-ig** megválasztja a helyi szervezet vezetőségét (elnök, titkár, vezetőségi tagok, esetleg alelnök, titkárhelyettes stb.) és a helyi szervezet küldötteit a szakosztályi küldöttgyűlésre, valamint javaslatot tesz a szakosztály vezetősége részére az egyesületi tisztújító küldöttgyűlésre delegált küldöttek személyére. A helyi szervezetek a szakosztályi jelölőbizottságokon keresztül javaslatot tehetnek szakosztályi és egyesületi vezető tisztségviselőkre is.

A helyi szervezet megválasztott tisztségviselőinek és küldötteinek névsorát **2010. április 10-ig** a helyi szervezet titkára megküldi az OMBKE ügyvezető igazgatójának, aki azt összesítve eljuttatja az illetékes egyesületi testületeknek.

3. Tisztújítás a szakosztályoknál

A szakosztályi vezetőségek **2010. január 31-ig** felkérlik a 3-5 tagú szakosztályi jelölőbizottságok tagjait és vezetőit. A szakosztályi jelölőbizottság feladata, hogy előzetes közvélemény-kutatás alapján a helyi szervezetek és a szakosztály vezetőségének véleményét is megismerve jelölteket állítson a következő tisztségekre: szakosztályelnök, szakosztályalelnök(ök), szakosztálytitkár, szakosztály-titkárhelyettes(ek), szakosztály-vezetőségi tagok, az egyesületi tisztújító küldöttgyűlés szakosztályi küldöttei, a szakosztály által delegált választmányi tagok (ahol ez a taglétszám alapján lehetséges).

A szakosztályi jelölőbizottság továbbá előkészíti és ajánlásokkal segíti az egyesületi jelölőbizottságot és a szakosztály vezetőségét az egyesületi tisztségviselők (elnök, főtitkár, főtitkárhelyettes, ellenőrző bizottság) jelölésével kapcsolatos vélemény kialakításában.

Sem az alapszabály, sem az ügyrendek nem korlátozzák a szakosztályi alelnökök (elnökhelyettesek) számát. Javasolt tehát, hogy a szakosztályok korlátozott számban válasszanak olyan szakosztályalelnököket, akik a gazdasági vagy a tudományos életben betöltött jelentős szerepük révén növelik az egyesület és a szakosztály tekintélyét, elősegíthetik szakmai, érdekvédelmi céljainak teljesülését, ill. képesek számottevő anyagi erőket az egyesület érdekében megmozgatni.

A hatékony egyesületi munka és képviselet érdekében célszerű olyan választmányi tagokat delegálni, akik nem csak képviselni tudják a tagság egy-egy nagyobb csoportját, hanem helyzetüknél fogva a választmány döntéseinek végrehajtása során is kezdeményező, irányító, szervező szerepet tudnak vállalni. Az egyesület további eredményes munkája szempontjából tehát előnyös lenne, ha a választmányi tagok közé a nagy létszámmal rendelkező helyi szervezetek vezetőit delegálnák. A szakosztályi küldöttgyűléseket **2010. június 30-ig** kell megtartani. Helyüket és időpontjukat az ügyvezető igazgató **2010. március 31-ig** egyeztetve a titkárokkal.

4. Tisztújítás az egyesületnél

Az egyesületi jelölőbizottság hét főből áll, a szakosztályi jelölőbizottságok vezetőiből és a bizottság választmány által megbízott elnökből. A választmány **2010. február 28-ig** jóváhagyja az egyesületi jelölőbizottság szakosztályok által delegált tagjait és felkéri az egyesületi jelölőbizottság elnökét.

Az egyesületi jelölőbizottság feladata, hogy előzetes közvélemény-kutatás alapján az egyesületi tisztségviselők és testületek véleményét is megismerve jelölteket állítson a következő tisztségekre: elnök, főtitkár, főtitkárhelyettes, az ellenőrző bizottság elnöke és tagjai. Feladata továbbá ellenőrizni, hogy a küldöttgyűlés által megerősítendő szakosztályelnökök (egyesületi alelnökök) esetében fennáll-e valamilyen kizáró ok.

Az egyesületi tisztújító küldöttgyűlést – mely egyúttal az OMBKE 100., jubileumi küldöttgyűlése lesz – **2010. szeptember 10-én** Selmecbányán, a Szalamander Ünnepek napján tartjuk. Az ünnepélyes keretek között tartandó küldöttgyűlésen megemlékezünk a selmecbányai oktatás kezdetének 275. évfordulójáról is. A küldöttgyűlés zavartalan lebonyolításának elősegítése érdekében a tisztújító küldöttgyűlést megelőző **2010. júniusi** választmányi ülésen az egyesületi jelölőbizottság tájékoztatást ad a munkájáról. A választmány **2010. augusztusi** ülésén alakítja ki javaslatát az egyesületi küldöttgyűlés tisztségviselőire, a tisztújítást levezető elnökre, a szavazatszámoló és a határozatszövegező bizottság elnökeire és tagjaira, valamint a jegyzőkönyv hitelesítőire.

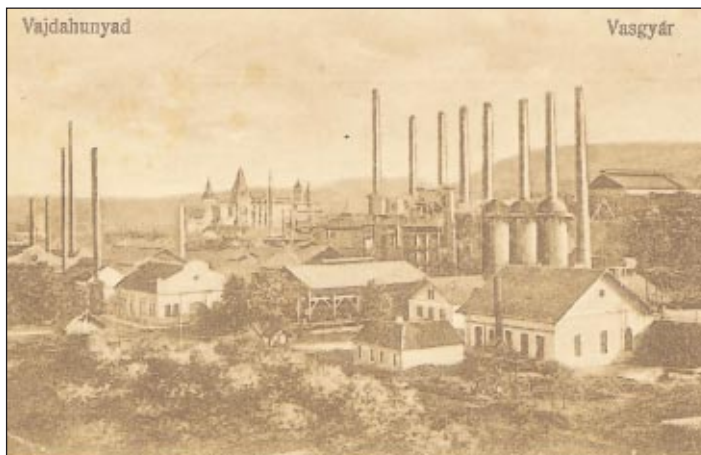
Dr. Gagyí Pálffy András
ügyvezető igazgató

Szemelvények kohászatunk múltjából

Vajdahunyad (románul Hunedoara, németül Eisenmarkt, Eisenstadt)

A dél-erdélyi Hunyad – melynek földvára köré a kora Árpád-korban a róla elnevezett vármegye szerveződött – jelentős vasérctelep közelében fekszik. A Szent Péter-hegy lejtőjén és a Cassilor-völgyben talált leletek már a 11-12. században itt folytatott vassfeldolgozásra utalnak.

Vajdahunyad és környékének vasgyártó iparát a gyalári vasérc-előfordulás alapozta meg. Az ezt körülölelő Zalasd, Govasdia és Cserna patakok mentén létesült számos bucakemencéről és hámorról már a 16. századi oklevelekben vannak adatok, közülük néhány a 19. sz. végéig működött.



*A vajdahunyadi vasgyár a 20. század elején
(a képeslap a Latinák-féle könyv 95. képe alapján készült)*

Az első nagyolvasztót a Cserna melletti Toplicán a kincstár 1781-ben helyezte üzembe; 1837-ben leégett, és nem építették újra fel. A Govasdia patak mentén, az olimperti régi hámor helyén 1813-ban kezdett működni egy nagyolvasztó. 1839-ben öntvénygyártás céljából kupolókemencét építettek, és melléje léghevítőt, amellyel a kupolót meleg levegővel fűvatták. A govasdiai vasgyár működését a 20. sz. elején szüntették meg.

A gyalári vasérc kincs jobb kihasználása érdekében a 19. sz. utolsó harmadában szükségessé vált új vasgyár létesítése. A hetvenes évek elején Péch Antal pénzügyminiszeri tanácsos tervet dolgozott ki egy Vajdahunyadra építendő vasműre, de ez az ország akkori kedvezőtlen pénzügyi helyzete miatt nem valósulhatott meg. 1881-ben a kincstári vasművek központi igazgatója, Kerpely Antal javaslatára a kormány elhatározta a vaskohászat fejlesztését. Az új vasgyár helyéül először Déva és Piski merült fel, mivel ezek vasút mellett feküdtek. Végül mégis Vajdahunyadra esett a választás, minthogy közelebb fekszik a vasércbányához és a faszénhez szükséges erdőséghez, valamint azért, mert a város ingyen építési telket és ütterületet ajánlott fel.

A vasgyár építését Kerpely intézte, gyakran a helyszínen. A munka 1882 augusztusában kezdődött el. Két, egyenként 110 m³-es, oszlopos nagyolvasztót építettek léghevítővel. Az elsőt 1884-ben, a másodikat egy évre rá helyezték üzembe. A Zalasd patakot gáttal elzárták, a vizet másfél kilométeres vezetékkel juttatták a turbinához, mely a fűvógépeket hajtotta. A gyárépítéssel párhuzamosan megkezdődött a Piskitől Vajdahunyadig tartó vasút építése, ennek költségét is a kincstár fedezte.

A vasércet és a faszenet kezdetben egészen a vasgyárig drótkötélpálya szállította. A faszén zömét a Vajdahunyadtól 43 km-re fekvő Vádudobrin, a kötélpálya végénél állították elő. A 19. sz. utolsó évében adták át a forgalomnak a Vajdahunyadtól Govasdián át Gyalárral összekötő, 16 km hosszú, keskenyvágányú bányavasutat, ezután a kötélpálya Gyalárig tartó szakaszát lebontották.

1890-ben egy harmadik, öt év múlva egy negyedik nagyolvasztó kezdett termelni. Az utóbbi 290 m³-es volt, és már koksszal járatták. Ugyancsak koksztüzelésű volt az 1902-ben üzembe lépő ötödik kohó. A többi nagyolvasztót is járatták koksszal vagy faszén-koksz vegyes tüzeléssel. Az importált koksz drágább volt, mint a faszén, de a megnövekedett igény kielégítése faszénnel már egyre nehezebbé vált. A nyersvastermelés meghaladta az évi 80 kt-t. Szürke-, feles és fehérnyersvasat gyártottak, közvetlenül a nagyolvasztóból kevés öntvényt is öntöttek, főleg saját szükségletre.

1884-ben két kis Bessemer-konvertert állítottak fel, de nem váltak be. 1892-ben két tonnás, bázikus bélésű, regenerátoros martinkemencét építettek. Az acéltermelés a megrendelésektől függően erősen ingadozott, tíz év átlagában 6,4 kt/év volt. A vajdahunyadi vasgyár főüzletága az első világháborúig a nyersvasgyártás volt.

A trianoni békeszerződést követően a vajdahunyadi vasgyár tovább fejlődött, Románia legnagyobb vaskohászati vállalata lett. A 2. világháború után az ország nyersvastermelésének 70%-át adta, 1980-85 között több mint 20 000 főt foglalkoztatott. Az 1990-es évek elejétől munkáit több lépcsőben elbocsátotta, termelése a korábbi töredéke lett. Jelenleg az ArcelorMittal kötelékébe tartozik, mintegy 1 500 főt foglalkoztat.

K.L.

(Források: Latinák Gy.: A vajdahunyadi magy. Kir. vasgyár és tartozékai. Bp. 1906. (Különlenyomat a BKL-ből.), Heckenast G.: A magyarországi vaskohászat története a feudalizmus korában. Bp. 1991., Rempert Z.: Magyarország vasgyártása a dualizmus korában. Bp. 2005., www.wikipedia.org)